

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Мирјана М. Тешић

**КАРАКТЕРИСТИКЕ УРБАНИХ ЗЕМЉИШТА
БЕОГРАДА И ЊИХОВ ЗНАЧАЈ ЗА ЖИВОТНУ
СРЕДИНУ**

Докторска дисертација

Београд, 2021.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF FORESTRY

Mirjana M. Tešić

**THE CHARACTERISTICS OF URBAN SOILS OF
BELGRADE AND THEIR SIGNIFICANCE FOR THE
ENVIRONMENT**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2021.

Ментори:

др Надежда Стојановић, доцент,
Универзитет у Београду,
Шумарски факултет

др Милан Кнежевић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду,
Шумарски факултет

Чланови комисије:

др Павле Павловић, научни саветник,
Универзитет у Београду,
Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“,
Институт од националног значаја за Републику Србију

др Данијела Ђунисијевић-Бојовић, ванредни професор,
Универзитет у Београду,
Шумарски факултет

др Јована Петровић, доцент,
Универзитет у Београду,
Шумарски факултет

Датум одбране: _____

Захвалница

Бескрајно се захваљујем др Надежди Стојановић, доценту Шумарског факултета, Универзитета у Београду. Ова дисертација не би била успешно осмишљена и завршена да није било њене племенитости, несебичног ангажовања и менторства.

Такође, велику захвалност дугујем Професору Милану Кнежевићу, редовном професору у пензији, Шумарског факултета, Универзитета у Београду који је пружио своју несебичну подршку и помоћ при реализацији и изради докторске дисертације.

Неизмерну захвалност дугујем др Павлу Павловићу, научним саветником Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“, Универзитета у Београду. Сарадња са др Павлом Павловићем, као и његове смернице и савети представљали су значајан допринос при изради и писању докторске дисертације.

Велику захвалност дугујем и др Данијели Ђунисијевић-Бојовић, ванредном професору Шумарског факултета, Универзитета у Београду, на подршци и смерницама које ми је пружала током писања докторске дисертације.

Изузетну захвалност на указаном поверењу, помоћи и подршци при изради ове дисертације дугујем и др Јовани Петровић, доцент Шумарског факултета, Универзитета у Београду, без чије храбрости не бих могла да остварим ове резултате.

Велику захвалност дугујет Професорки Снежани Белановић Симић, редовној професорки Шумарског факултета, Универзитета у Београду на саветима и помоћи при анализи тешких метала. Такође, захвална сам колегиницама Милени Жарковић, Гордани Петковић, Анђелки Симић и Бранислави Михајловић за подршку и помоћ при лабораторијским анализама земљишта.

На крају захвалила бих се мојој драгој Професорки Весни Анастасијевић и Професору Небојши Анастасијевићу са надом да сам оправдала њихово поверење и очекивања.

Неизмерну захвалност дугујем својој породици на стрпљењу и подршци.

Дисертацију посвећујем својим родитељима, сестри и тетци Мирјани Солдатић, који су несебично и стрпљиво били уз мене током овог периода.

У знак сећања на своје корене ову дисертацију потписујем и као Мирјана Мешичек.

Мирјана

КАРАКТЕРИСТИКЕ УРБАНИХ ЗЕМЉИШТА БЕОГРАДА И ЊИХОВ ЗНАЧАЈ ЗА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

САЖЕТАК

Имајући у виду да су земљишта у градовима изложена различитим антропогеним притисцима и загађивању различитим полутантима, истраживања у овој докторској дисертацији су усмерена на проучавање физичких и хемијских карактеристика земљишта у Београду и одређивање садржаја тешких метала Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni у слојевима земљишта 0-10cm и 10-40cm. За истраживања су изабране различите урбане зоне (централна, приградска, спољна и рубна) и различити тип коришћења земљишта (паркови, индустријски комплекси, саобраћајна чворишта и урбане шуме) у граду.

Истраживања су показала да степен урбанизације града и тип коришћења земљишта мењају механички састав земљишта и изазивају промене у рН вредности, садржају лако приступачног облика P и K и присуства CaCO₃. У односу на степен урбанизације концентрације тешких метала опадају по градијенту од централне и приградске зоне ка земљиштима у спољној и рубној зони града. У односу на тип коришћења земљишта концентрације ових елемената расту по градијенту од земљишта урбаних шума и паркова ка земљиштима индустријских комплекса и саобраћајних чворишта. Концентрације Ni расту са дубином у свим истраженим земљиштима. Концентрације Zn, Cu, Cd, Pb и Cr опадају са дубином земљишта, изузев у земљиштима руралне зоне града где концентрације Cu, Cd и Pb расту са дубином. Утврђено је да су Cr и Ni геолошког, а Zn, Cu, Cd и Pb антропогеног порекла.

Резултати указују на важност успостављања мониторинга концентрација Zn, Cu и Pb у земљиштима Београда, затим Cr и Ni у централним и приградским зонама, и Cd у земљиштима индустријских комплекса и оних уз саобраћајна чворишта. Такође, резултати сугеришу и значај мониторинга есенцијалних елемената, укупног N (због ниског садржаја) и лако приступачних облика P и K (због њихове велике варијабилности).

Кључне речи: физичке карактеристике земљишта, хемијске карактеристике земљишта, урбана земљишта, урбанистичке зоне, тип коришћења земљишта, антропогени утицај, тешки метали, загађење земљишта, извори загађења, урбана екологија.

Научна област: Биотехничке науке

Ужа научна област: Пејзажна архитектура и хортикултура

CHARACTERISTICS OF URBAN SOILS OF BELGRADE AND THEIR SIGNIFICANCE FOR THE ENVIRONMENT

ABSTRACT

Considering that soils in cities are exposed to different anthropogenic pressures and pollution by different pollutants, research in this doctoral dissertation is focused on studying the physical and chemical characteristics of soils in Belgrade and determining the content of heavy metals Zn, Cu, Cd, Pb, Cr and Ni in soil layers 0-10cm and 10-40cm. Different urban zones (central, suburban, external and rural) and different types of soil use (parks, industrial complexes/zones, road interaction and urban forests) in the city were selected for the research.

Research has shown that the degree of urbanization of the city and the type of soil use change the mechanical composition of the soil and cause changes in pH, the content of easily accessible forms of P and K and the presence of CaCO₃. In relation to the degree of urbanization, the concentrations of heavy metals decrease according to the gradient from the central and suburban zone to the soils in the external to the rural zone of the city. In relation to the type of soil use, the concentrations of these elements increase in a gradient from the soil of urban forests and parks to the soils of industrial complexes/zones and road interactions. Ni concentrations increase with depth in all investigated soils. Concentrations of Zn, Cu, Cd, Pb and Cr decrease with soil depth, except in soils of the rural zone of the city where concentrations of Cu, Cd and Pb increase with depth. It was determined that Cr and Ni are of geological origin, and Zn, Cu, Cd and Pb are of anthropogenic origin.

The results indicate the importance of establishing monitoring of Zn, Cu and Pb concentrations in the soils of Belgrade, then Cr and Ni in the central and suburban zones, and Cd in the soils of industrial complexes and those along road interactions. Also, the results suggest the importance of monitoring essential elements, total N (due to low content) and easily accessible forms P and K (due to their high variability).

Key words: physical characteristics of soil, chemical characteristics of soil, urban soils, urban zones, land use, anthropogenic impact, heavy metals, soil pollution, pollution sources, urban ecology.

Scientific field: Biotechnical sciences

Scientific discipline: Landscape architecture and horticulture

САДРЖАЈ

1. Увод.....	1
1.1. Предмет и циљ истраживања	4
1.2. Основне хипотезе	5
2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА	6
3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА	16
3.1. Опис подручја истраживања	16
3.2. Опис експеримента-експериментални дизајн.....	16
3.3. Методе теренског узорковања	17
3.4. Методе лабораторијских истраживања	18
3.5. Методе израчунавања индекса загађења земљишта тешким металима	20
3.6. Статистичка анализа добијених резултата	21
3.7. Опис локалитета истраживања	22
3.7.1. Приказ истражених локалитета паркова	23
3.7.2. Приказ истражених локалитета индустријских комплекса/зона	27
3.7.3. Приказ истражених локалитета земљишта уз саобраћајна чворишта.....	28
3.7.4. Приказ истражених локалитета урбаних шума	31
4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА.....	33
4.1. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима различитих урбанистичких зона града.....	33
4.1.1. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима централне урбанистичке зоне града.....	33
4.1.2. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима приградске урбанистичке зоне града	41
4.1.3. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима спољне урбанистичке зоне града.....	46
4.1.4. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима рубне урбанистичке зоне града	51
4.2. Варијабилност физичких и хемијских карактеристика и концентрација тешких метала земљишта у односу на степен урбанизације града	53
4.2.1. Варијабилност физичких карактеристика земљишта у односу на степен урбанизације града	53
4.2.2. Варијабилност хемијских карактеристика земљишта у односу на степен урбанизације града	63
4.2.3. Варијабилност концентрација тешких метала земљишта у односу на степен урбанизације града	74

4.3. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима различитог типа коришћења	82
4.3.1. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима паркова	82
4.3.2. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима индустријских комплекса/зона	97
4.3.3. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима уз саобраћајна чворишта	103
4.3.4. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима урбаних шума	119
4.4. Варијабилност физичких и хемијских карактеристика и концентрација тешких метала земљишта у односу тип њиховог коришћења	124
4.4.1. Варијабилност физичких карактеристика земљишта у односу на тип њиховог коришћења	124
4.4.2. Варијабилност хемијских карактеристика земљишта у односу на тип њиховог коришћења	134
4.4.3. Варијабилност концентрација тешких метала земљишта у односу на тип њиховог коришћења	148
4.5. Степен загађења земљишта тешким металима	158
4.5.1. Степен загађења земљишта тешким металима у односу на степен урбанизације града.....	158
4.5.2. Степен загађења земљишта тешким металима у односу на тип њиховог коришћења	162
5. ДИСКУСИЈА	167
5.1. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима различитих урбанистичких зона града и варијабилност ових параметара у односу на степен урбанизације града.....	167
5.2. Физичке и хемијске карактеристике и концентрације тешких метала у земљиштима различитог типа коришћења и варијабилност ових параметара у односу на тип коришћења	181
5.3. Утицај антропогеног фактора на степен загађења земљишта тешким металима.....	199
5.3.1. Утицај антропогеног фактора на степен загађења земљишта тешким металима у односу на степен урбанизације града.....	199
5.3.2. Утицај антропогеног фактора на степен загађења земљишта тешким металима у односу на тип њиховог коришћења.....	203
5.4. Процена потенцијалног ризика од загађивања земљишта тешким металима у урбанистичким зонама и у земљиштима различитог типа коришћења и предлог мониторинга нивоа загађења и мера за њихову санацију	206
6. ЗАКЉУЧЦИ.....	210
7. ЛИТЕРАТУРА	216

1. УВОД

Данас више од половине људске популације живи у градовима што процес њиховог ширења (урбанизације) чини кључним феноменом економског развоја и води ка великој концентрацији људских материјалних и нематеријалних вредности, економских активности и знатној потрошњи добара. Градови данас заузимају само 2-3 % површине Земље, али за своје функционисање троше чак 70-75 % укупних ресурса на планети. Извештаји Уједињених Нација из 2018. године, говоре да 55 % светске популације данас живи у урбаним срединама при чему се очекује да ће се тај проценат увећати на 68 % до 2050. године (UN, 2019). Овакав пораст становништва и ширење градова допринели су да се у светлу глобалних промена (као што су загађење животне средине, климатске промене и сл.), прибегава првенствено еколошким принципима при планирању и управљању урбаним срединама (Rockström et al., 2009; Morel et al., 2015).

Урбане животне средине (у односу на природне) су измењене средине у којима је дошло до промена директним утицајем антропогеног фактора (Gill et al., 2007; Петровић, 2015; Dubois and Cheptou, 2017). У градским срединама јављају се многобројни штетни фактори међу којима се процес урбанизације сматра најдоминантнијим (Calfapietra et al., 2015). **Урбанизација** представља комплекс функционалних промена предела које су праћене морфолошким и структурним променама, при чему су највеће промене претрпели природни системи, посебно вода, вегетација и земљиште (Blair, 1996; Antrop, 2004). Интензивна урбанизација и индустријализација су негативно утицале на квалитет градске животне средине, што је довело до промена у намени и типу коришћења урбаних земљишта, природних станишта и њихових предеоних карактеристика. Ове промене пре свега се огледају у уношењу инертних материјала у урбану средину, односно смањењу природних површина и њиховој замени инертним антропогеним материјалима (бетон, асфалт, метал, пластика и сл.) и објектима (зграде, саобраћајнице и др.) (Alberti et al., 2003; Godefroid and Koedam, 2007; Scalenghe and Marsan, 2009).

Људска интервенција кроз измену типа коришћења земљишта у граду и унос разноврсних материјала за многобројне намене и њихово мењање кроз различите временске интервале, ствара услове за настанак јединственог типа земљишта - урбаних, односно градских земљишта. **Урбана земљишта** разликују се од природних у промени физичких, хемијских и биолошких карактеристика (а посебно у површинском слоју на који човек највише делује, обрађује га, насипа и контаминира), као што су: механички састав, водно-ваздушни режим земљишта, реакција земљишта, плодност и сл., али и у генези земљишта као и у његовом волумену (Efflet and Pouyat, 1997; Pickett et al., 2001; Vratuša, 2002; Scharenbroch et al., 2005; Анастасијевић, 2011; Lorenz, 2017).

Коришћење земљишта у урбаним срединама је разноврсно и интензивно и састоји се од мозаика често веома малих и подељених типова коришћења који задовољавају основне људске потребе за становањем, индустријом, као и комерцијалним, образовним, административним, социјалним, културним и другим потребама (Breuste, 2013; Antrop, 2004). Стога, процеси планирања и управљања градовима (урбаним срединама), могу имати велики утицај на просторне обрасце и интензитет коришћења урбаног земљишта, а самим тим и директно утицати на његове карактеристике као и на опште стање градске животне средине. У овом контексту, може се истаћи да су карактеристике урбаног земљишта у ствари један својеврсни печат који се често користи као главни индикатор крајњих физичких, антропогених утицаја на целокупне урбане екосистеме (Sauerwien, 2013; Adler and Tanner, 2013). Међутим, иако еколошко планирање и управљање градовима подразумева суштински концепт одрживости као главни критеријум када се планирају саобраћајнице, инфраструктурни објекти, стамбене зграде, зелене површине и друге компоненте градске средине, често се у пракси игноришу постојеће карактеристике урбаног земљишта (Berry,

1990). Као последица, урбана станишта брзо постају девастирана, трансформисана или у потпуности изгубљена.

Главна последица интензивне урбанизације и индустријализације која данас представља велики проблем многих светских метропола је непрекидна контаминација животне средине бројним **штетним материјама** (Chen et al., 2010). Ове материје у већини случајева немају способност биоразградње, могу бити токсичне и често се акумулирају у високим концентрацијама у биљкама, а посебно у земљишту (Islam et al., 2015; Sawidis et al., 2011; Mitrović et al., 2019). Данашња истраживања показују да токсичне материје које производи и употребљава модерно урбано друштво у енормним размерама доспевају на површину земље, знатно утичући на карактеристике градских земљишта, а уједно чинећи и један од водећих фактора њиховог формирања (Yaron et al., 2016). Ове токсичне материје у земљишту понашају се као метапедогенетски фактор, доводећи до убрзаног формирања специфичних урбаних земљишта. Земљишта изразито урбанизованих и индустријализованих подручја изложена су непрекидној контаминацији различитим супстанцама међу којима су најчешће присутни тешки метали (Li et al., 2001; Madrid et al., 2002; Fordyce et al., 2005; Ristić and Marijanović, 2006, Duong and Lee, 2011; Pavlović et al., 2018c; Woszczyk et al., 2018). **Тешки метали** негативно утичу на живе организме, а посебно на здравље људи. Њихово присуство у урбаним екосистемима утиче и на квалитет градске животне средине (Al-Bakheet et al., 2013). Као типични загађивачи урбане средине препознати су олово, цинк и бакар (Borgogno-Mondino et al., 2015). Тешки метали у урбаној средини могу бити геолошког порекла (из матичног супстрата) или могу бити унети у градску животну средину антропогеним путем, односно неким видом загађења урбане средине (Alloway, 2013). У градовима, степен загађења земљишта тешким металима антропогеним путем је далеко већи од природних средина (Li et al., 2013).

Саобраћај је један од најзначајнијих антропогених извора загађења урбаних средина тешким металима и овде игра важну улогу у биогеохемијском циклусу ових елемената (Gajić et al. 2009; Johanssona et al., 2009; Liu et al., 2009; Chen et al., 2010; Zhang et al., 2015). Земљишта дуж саобраћајница су значајни реципијенти загађења, која веома лако могу доћи у контакт са пешацима и људима који бораве у близини путева, било путем суспендованих честица прашине или директним контактом (Chen et al., 2010). Загађење земљишта дуж градских саобраћајница тешким металима у великој мери је под утицајем интензитета саобраћаја, брзине и типа саобраћаја, категорије саобраћајнице, удаљености од ње, метеоролошких услова и др. Ови штетни елементи посебно се акумулирају у прашини дуж путева (Vratuša, 2000a; Li et al., 2001; Róžański et al., 2017), а њихове изузетно високе концентрације посебно су измерене на раскрсницама са семафорима, као и на местима уз саобраћајна чворишта (Charlesworth et al., 2003; Guney et al., 2010).

Поред саобраћаја, велики извор антропогеног загађења урбаних земљишта је и **индустријска производња** (Wang et al. 2005). Разне индустријске активности директно или индиректно доприносе повећању концентрације тешких метала у урбаном земљишту путем испуштања чврстог отпада, загађеног ваздуха и изливања отпадних вода (Mitrović et al., 2008; Li et al., 2009a; Kostić et al., 2018). Штетне материје које настају као резултат индустријских активности често нису биоразградиве, испарљиве или у води растворљиве, већ се могу окарактерисати као *трајна контаминација*. Тешки метали који доспевају у земљиште остају присутни у педосфери дуги низ година. Чак и више година након уклањања извора загађења повишене концентрације тешких метала и даље су присутне у урбаним земљиштима (Imperato et al., 2003). Многи простори затворених градских фабрика остају напуштени деценијама. Разлог за то су већи трошкови чишћења и деконтаминације њихових земљишта од вредности коју би ти простори имали након ових радова. Међутим, како је све мање земљишта на располагању у градовима за различита нова урбана коришћења, потреба за рекултивацијом контаминиране земље постаје све потребнија (Brito et al., 2016; Gajić et al., 2019; Gajić et al., 2020).

За разлику од саобраћаја и индустријске производње, градске зелене површине представљају елементе структуре града које директно доприносе побољшању услова градске животне средине. Највећу мелиоративну функцију у граду имају и највеће и најзначајније градске зелене површине – паркови и урбане шуме. **Паркови и урбане шуме** су отворени простори града који као основне биолошко-еколошке компоненте урбаних екосистема пружају важне функције становницима града: активну и пасивну рекреацију, одмор, унапређење биодиверзитета и природних процеса у граду, одржавају интегритет система станишта, обезбеђују физичку основу за еколошке процесе и еколошке везе, врше мелиорацију урбане микро климе, ублажавајући температуру ваздуха, повећавајући влажност ваздуха, смањивајући брзину ветра, умањујући градску буку, вршећи адсорпцију загађивача из ваздуха и др., побољшавајући тиме укупан квалитет живота у граду (Flores et al., 1998; Jim and Chen, 2009; Byomkesh et al., 2011; Pavlović et al., 2017b; Pavlović et al., 2017c; Stojanović et al., 2018; Stojanović et al., 2019). Побољшању квалитета градске животне средине, поред паркова и урбаних шума, доприносе и зелене површине које се налазе непосредно уз саме изворе антропогеног загађења, као што су зелене површине дуж саобраћајница и зелене површине у индустријским зонама. Посебно су значајне зелене површине на раскрсницама прометних градских саобраћајница где је евидентирано и највеће загађење (Laurie, 1979; Guney et al., 2010). Различите штетне материје, а посебно тешки метали који су доспели у земљишта зелених површина града, такође могу угрозити здравље становника, посебно деце, директно као последица удисања, гутања или дермалне апсорпције (Madrid et al., 2002; Chen et al., 2005; Mielke et al., 2007; Marjanović et al., 2009; Ćakmak et al., 2018), или индиректно кроз интеракције са атмосфером, биосфером и хидросфером (Abrahams, 2002; Hou et al., 2017).

Различита употреба урбаног земљишта има утицај на различит тип и карактер његовог загађења (Poizat et al., 2007b). Управо из тих разлога јавља се потреба да се истражује однос између типа коришћења земљишта (намене простора) и типа и карактера његовог загађења (Li et al., 2013). Хронологију коришћења земљишта у урбаним срединама је често тешко утврдити. Евиденције о претходној нпр. индустријској употребни или местима одлагања и врсте отпада и/или **степену загађења** у највећем броју случајева и не постоје. Након нове употребе земљишта, трагови старе употребе (односно коришћења) се покривају, што знатно отежава могућности истраживања степена његовог загађења и врсте претходних загађивача (Pauleit and Breuste, 2013). Стога, постоји стална потреба праћења стања, карактеристика и степена загађења урбаних земљишта.

Два централна концепта - дефинисање и разграничавање појма урбане и приградске средине у односу на степен изграђености и њихову урбану морфологију имају широку примену у плановима уређења и управљања урбаним срединама, па тако и намени и типу коришћења урбаних земљишта (Dijkstra and Poelman, 2014). Транзиција између строгог урбаног центра, високо и густо изграђеног и приградског често постаје нејасна и распршена. Приградске зоне састоје се од мозаика разноврсног земљишног покривача, објеката и саобраћајне инфраструктуре (Antrop, 2004). Интензивна експанзија урбанизованог подручја резултирала је различитим конфигурационим типовима урбаног развоја, а значајна пажња посвећена је истраживањима о динамичком развоју урбане морфологије из перспективе екологије предела (Needleman and Bellinger, 1991; Mou et al., 2018). Као важан показатељ екологије предела, просторни обрасци урбаног раста односе се на локације новонасталих мозаика у пределима у развоју. Овај индикатор представља моћно средство за разумевање еволутивног процеса урбаних подручја, идентификовање степена урбаног ширења и предвиђање урбаног раста (Jiao et al., 2015). Управо због тога се данас многи градови према степену урбанизације и деле на тзв. специфичне урбанистичке зоне, односно делове града (сегменте градског ткива) који се према густини изграђености одликују сличном урбаном морфологијом (Nowak et al., 1996). Урбаним зонама можемо сматрати делове мегаполиса, урбане области, предграђа или стамбена насеља, који су настали мењањем изгледа земље/предела повећањем броја људи и/или изграђених објеката. У физичком смислу свака

урбанистичка зона града састоји се из два дела: изграђеног (површине града које су заузеле изграђеним објектима) и зеленог (односно зелене, неизграђене и порозне површине града) (Forman, 2014).

Сагледавање и истраживање карактеристика урбаних земљишта и садржаја штетних материја у њима у односу на степен урбанизације (припадности урбанистичкој зони града) и типу коришћења урбаног земљишта има посебан значај у изради стратегија еколошког планирања и управљања урбаним срединама и свеобухватним урбаним екосистемом (Hough, 2004; Miljković et al., 2017). Хемијске и физичке особине урбаних земљишта као и присуство и концентрација различитих штетних материја (у првом реду тешких метала) су пресудне за препознавање да ли су одређени урбани простори погодни или не да обезбеде неопходне услове за формирање одрживих система у урбаној средини. Загађеност, фрагментисаност, мешање слојева, мешање са другим различитим супстратима, су само неки од специфичности урбаних земљишта (Pickett and Cadenasso, 2009). Међутим, без обзира на трансформацију и деградацију, урбана земљишта могу да подрже широк спектар могућности успостављања различитих типова коришћења градског простора. Ово сугерише да приступ планирању и управљању урбаним пределима има обавезу да у обзир узме карактеристике урбаних земљишта за потребе одређивања адекватног начина и типа њиховог коришћења у функцији унапређења квалитета градске животне средине (Vratuša, 2000a; Attwell, 2000; Pavlović et al. 2017a).

У другој половини XX века, као и друге светске метрополе, и Београд је 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. Све ове промене утицале су на укупно погоршање квалитета његове животне средине. Досадашња истраживања карактеристика и степена загађења урбаних земљишта Београда различитим штетним материјама показала су да постоји њихова знатна контаминација посебно тешким металима (Вратуша, 1999; Gržetić and Ghariani, 2008; Kuzmanoski et al., 2014; Andrejić et al., 2016; Ćakmak et al., 2016; Pavlović et al., 2007; Pavlović et al., 2017a; Pavlović, 2018a; Pavlović, 2018b; Pavlović et al., 2018c, Ćakmak et al., 2018; Pavlović et al., 2019).

У том смислу, за унапређење стања градске животне средине Београда, важно је истраживати и пратити промене физичких и хемијских карактеристика земљишта као и степена њиховог загађења (посебно тешким металима) и то на оним најугроженијим (земљишта дуж прометних градских саобраћајница и индустријских комплекса/зона) али и за градске становнике посебно значајним просторима града, (паркови и урбане шуме), како би се предузеле адекватне мере његове заштите и деконтаминације, а тиме и унапредило опште стање животне средине у граду.

1.1. Предмет и циљ истраживања

Имајући у виду да су земљишта у градовима изложена различитим антропогеним притисцима и загађивању различитим полутантима, истраживања у овој докторској дисертацији су усмерена на проучавање физичких и хемијских карактеристика земљишта у Београду и одређивање садржаја тешких метала Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni на дубинама од 0-10 cm и 10-40 cm. За истраживања су изабране различите урбане зоне (централна, приградска, спољна и рубна) и различити тип коришћења земљишта (паркови, индустријски комплекса, уз саобраћајна чворишта и урбане шуме) у граду.

Циљ истраживања 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, и да се на основу синтетизованих и систематизованих резултата спроведених истраживања и процене потенцијалног ризика од загађења предложе смернице за унапређење карактеристика урбаних земљишта и дају препоруке за одрживи развој и унапређење животне средине Београда.

1.2. Основне хипотезе

Основне хипотезе од којих се полази у овим истраживањима су:

- 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.

2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Познато је да природна земљишта настају под утицајем пет природних фактора: клима, рељеф, матични супстрат, органска материја и време (Jenny, 1941; Antić et al., 1980; Craul, 1992; Bockheim et al., 2005; Knežević i Košanin, 2011; Pavlović et al., 2017a). Yaalon and Yaron (1966) још пре више од 55 година предложили су да се (поред ових пет основних) и антропогени фактор уврсти као интегрални, независни фактор формирања земљишта. За разлику од природних фактора, који делују полако током дугог низа година, под утицајем антропогеног фактора формирања земљишта долази до промена карактеристика земљишта у знатно краћем временском периоду. Временска разлика у формирању земљишта под утицајем природних и антропогеног фактора условила је успостављање новог референтног система, где природна земљишта служе као матични супстрат у почетној фази формирања нових антропогених земљишта која су производ **метапедогенетских фактора** који делују појединачно или заједно (Yaalon and Yaron, 1966). Током последњих деценија многи истраживачи (Yaalon, 1971; Efflet and Pouyat, 1997; Анастасијевић, 2011; Richter and Yaalon, 2012; Richter et al., 2015; Yaron et al., 2016; Howard, 2017) истицали су улогу антропогеног фактора у формирању земљишта, тако да је он прихваћен као интегрални фактор настанка земљишта, односно данас се посматра као шести фактор у процесу формирања земљишта. Howard (2017) је дефинисао **антропогени фактор** као вештачки утицај који се разликује од/или значајно модификује природне процесе и факторе настанка земљишта. Efflet and Pouyat (1997) истичу да је антропогени утицај на земљиште веома комплексан, са много интеракција које се дешавају између антропогених процеса и природних фактора настанка земљишта. Људске активности могу директно или индиректно утицати, при чему ти утицаји могу бити реверзибилни. Ово су потврдили и Yaalon (1971), Richter et al. (2015) и Yaron et al. (2016) посебно истичући да је дужи временски период потребан за формирање земљишта у природним условима, а у градовима је знатно скраћен као резултат утицаја антропогеног фактора. Антропогени фактор највише је присутан у урбаним и пољопривредним земљиштима, али се његов утицај постепено шири и на околна природна земљишта.

Класификација земљишта која је настала под утицајем антропогеног фактора заснива се на типу пређашњег природног земљишта, која се у класификационом систему земљишта третира као матични супстрат у почетној фази формирања антропогених земљишта (Howard, 2017). Односно, према Светској класификацији земљишта *World Reference Base for Soil Resources* (WRB, 2015) земљишта на која је човек имао интензиван утицај класификована су у две главне групе: антропогена земљишта (*Anthrosols*) и техногена земљишта (*Technosols*). Антропогена земљишта представљају земљишта која су у дужем временском периоду под интензивном пољопривредном производњом. Са друге стране, техногена земљишта су земљишта која садрже значајну количину различитог инертног материјала.

Утицај антропогеног фактора на промену карактеристика земљишта најинтензивније је у урбаним срединама. Ова чињеница условила је и појаву новог типа земљишта – **урбаних земљишта**. Према светској класификацији ова земљишта могу се сврстати у техногена. Према класификационом систему који се користи у Србији, урбана земљишта би такође припала класи техногених земљишта (Škorić et al., 1985; Pavlović et al., 2017a), али треба истаћи да њихово класификационо место ни у светским оквирима још увек није јасно одређено.

Дефиниције урбаних земљишта дали су многи аутори. Craul (1992) модификацијом Bockheim-ове дефиниције из 1974. године, урбана земљишта дефинише као земљишта која нису пољопривредна, чији је површински слој од 50 cm и више измењен под утицајем човека, а настао је мешањем, насипањем или контаминацијом земљине површине у урбаним и субурбаним срединама. Efflet and Pouyat (1997) сматрају да се разлике између природних и урбаних земљишта огледају пре свега у генези и карактеристикама земљишта, физичким, хемијским и биолошким особинама, али и њиховом волумену. Даље, сматрају да

метапедогенеза (процес формирања земљишта под антропогеним утицајем) почиње када човек почне да бива доминантан фактор у генези земљишта. Односно, када је земљишни профил брзо измењен, а његова генеза почиње по новом времену, од почетка. Ови поремећаји могу бити епизодни, тако да основни педогенетски процес временом може поново постати доминантан у односу на антропогени, уколико се метапедогенезе уклоне и природни профил обнови.

Morel et al. (2005) у урбана земљишта сврставају: (1) земљишта која су формирана од мешавине материјала различитог од оних у природним, пољопривредним или шумским земљиштима, која могу имати површински слој дебљи од 50 cm, значајно измењен људским активностима које укључују мешање земљишта, депоновање земљишта познатог или непознатог порекла и/или њихову контаминацију; (2) земљишта у парковима и баштама која су по својим карактеристикама ближа пољопривредним земљиштима, али имају другачије карактеристике, начин употребе и управљање за разлику од пољопривредних; и (3) земљишта која су настала као резултат различитих грађевинских активности у урбаним подручјима, а која су често прекривена инертним материјалима. Урбана земљишта се такође разликују и од земљишта која су значајно измењена под утицајем индустријских и других привредних делатности и на њима су често изграђени различити објекти као што су каменоломи, рудници, аеродроми и сл. (Morel et al., 2015).

Када се у урбаним срединама земљиште конвертује у урбано коришћење директни и индиректни фактори утичу на његове карактеристике. Craul (1992), Jim (1998b) и Pouyat et al. (2010) истичу као најзначајније факторе који утичу на карактеристике урбаних земљишта: физичке поремећаје, масивна померања земљишта, изградња објеката и других грађевинских структура, инкорпорацију антропогеног, вештачког материјала, покривање земљишта земљом различитог порекла или застирањем непропусним инертним материјалима, уклањање постојеће вегетације и др. Craul and Klein (1980) указују да услед дејства ових фактора урбана земљишта показују велику варијабилност у вертикалним профилима, али и хоризонтално дуж читаве урбане средине.

С друге стране, Scalenghe and Marsen (2009) истичу да је за урбана земљишта карактеристично нарушавање природног следа хоризоната у земљишном профилима, односно литолошка неповезаност и присуство депонованог земљишта различитог порекла, услед различитих интервенција у и на њему. Овако формирана земљишни профили поседују слојеве који немају исти матични супстрат, тако да попримају карактеристике тих депозита. Patterson et al. (1980) наводи да се ови депозити могу разликовати по боји, структури, минералном саставом и често су са примесима различитих инертних материјала.

Физичке карактеристике урбаних земљишта под интензивним су утицајем првенствено сабијања земљишта, које се дешава током трансформације природних и пољопривредних земљишта у урбане средине (Pavao-Zuckerman, 2008). Застирање урбаних земљишта инертним материјалима доводи до смањења инфилтрације воде у земљишту и промена у величини и карактеру његове порозности (Scalenghe and Marsen, 2009). На промену структуре урбаних земљишта утичу и механичка оптерећења на њиховој површини која мењају водни капацитет земљишта. Trowbridge and Bassuk (2004) наводе да ове промене делују и на остале физичке карактеристике земљишта као што су дифузија гасова, степен загревања, топлотна проводљивост и др. Многи аутори (Madrid et al., 2002; Biasiola et al., 2006; Pflleiderer et al., 2012; Plak et al., 2015; Róźński et al., 2018; Mónok et al., 2020) забележили су повећано присуство фракције песка у урбаним земљиштима, што директно утиче на гранулометријски састав земљишта, који даље утиче на структуру земљишта, а самим тим на водни и ваздушни режим у земљишту.

Утврђено је да су и **хемијске карактеристике земљишта** у значајној корелацији са процесима урбанизације (Pickett et al., 2001; Vodyanitskii, 2015). Истраживања различитих аутора (Craul and Klein, 1980; Vratuša, 1986; Craul, 1992, Jim, 1998a; Вратуша, 1999) показала су да урбана земљишта теже да имају реакцију земљишта која је нешто другачија од реакције природних земљишта. У већини случајева **pH вредности** су више у градским срединама,

односно овде, по правилу, доминирају земљишта алкалне реакције. Последица повишене рН вредности урбаних земљишта потиче од присуства карбонатних антропогених материјала као што су цемент, малтер, бетон, разни типови опека и др. (Howard, 2017).

У истраживањима земљишта дуж саобраћајница Сиракузе (држава Њујорк) установљено је да је рН вредност ових земљишта у горњој граници скале за природна земљишта. Реакција ових земљишта кретала се у распону од 6,6-9,0, док се код њима сличних природних земљишта кретала у распону од 5,1-8,4 (Craul and Klein, 1980). Истраживања рН земљишта у граду Зелена Гора (Пољска), такође су показала разлику у вредностима између природних и антропогених земљишта. Тако, у парковима и шумама средња вредност рН износила је 6,4, док се у антропогеним земљиштима (дуж путева, скверовима, застртим земљиштима, стамбеним блоковима, индустријском земљишту) кретала у распону од 7,1-7,2 (Greinert, 2015). Истраживања земљишта у садним јамама дрворедних стабала Хонг Конга показала су да се рН вредност кретала у распону од 6,77-9,95, при чему је средња вредност рН била 8,68, док се средња вредност рН земљишта у брдима у непосредној близини града кретала у распону од 4-5 (Jim, 1998a) Такође, истраживања Vratuša (1986) показала су да су земљишта Новог Београда базне реакције и да средња вредност рН у просеку износи 8,15 јединица, а у дубљим слојевима земљишта и 8,35. И истраживања површинских слојева земљишта београдских паркова показала су да је реакција земљишта базна и да у просеку износи 8,36 јединица (Vratuša, 1999).

Када је о земљиштима у парковима урбаних и индустријских центара у Србији реч (Београд, Панчево, Смедерево и Обреновац), утврђено је да доминирају алкална земљишта у којима се рН вредности крећу у уском опсегу (8,30-8,60) (Pavlović et al., 2018a; Pavlović et al., 2018b).

Истраживања Vodyanitskii (2015) показала су да у урбаним земљиштима долази до поремећаја у циклусу кружења материје укључујући и нутријенте који су типични за земљишта природних система. Истраживања показују да **органска материја** у урбаним земљиштима има другачију природу у поређењу са земљиштима природних система као и да у урбаним срединама код ње долази до промена и у количини и у њеном саставу (Beyer et al., 2001). Са неких урбаних земљишта органска материја пореклом из биљака систематски се уклања, што овде доводи до значајне редукације њене количине. Овим уклањањем органске материје, редукује се и количина нутријената у тим земљиштима (Trowbridge and Bassuk, 2004). С друге стране, на неким земљиштима органска материја се накнадно додаје (нпр. у процесу неговања зелених површина за потребе прихрањивања биљака), што такође утиче на промене у количини и саставу нутријената у односу на њихов изворни облик. Craul (1992) истиче да с обзиром да су урбана земљишта често литолошки неповезана, да је поред органске аналогно и састав минералне компоненте земљишта овде, такође значајно измењен.

Pouyat et al. (2002) наглашавају да и тип коришћења урбаног земљишта директно и/или индиректно утиче на хемијске особине земљишта, а посебно у **погледу садржаја С и N**, што за резултат има измењен садржај укупног органског С и N у поређењу са земљиштима природних система.

Складиштење земљишног С и N веома варира у урбаним срединама. Kohler et al. (2000) указују да се код урбаних земљишта, за разлику од природних (где се однос TC и TN смањују са дубином земљишта), овде (нпр. уношењем органске материје у процесу прихране урбаних биљака), може утицати на повећање садржаја укупног органског С и N, као и на повећање њиховог садржаја у дубљим слојевима земљишта. Vodyanitskii (2015) истиче да у почетном стадијуму урбане изградње или изражене контаминације, садржај органског (OC) опада у земљишту. Scharenbroch et al. (2005) установили су да урбана земљишта која су претрпела антропогени утицај пре више десетина година и у таквом стању даље остала мање-више непромењена, данас су богатија органском материјом у односу на она која су била изложена антропогеном утицају пре мање од једне деценије. Zhu and Carreiro (2004), Zhu et al. (2004) и Lorenz and Kandeler (2005) утврдили су да су хемијска ђубрива која се користе у процесу неговања зелених површина, као и урин и измет кућних љубимаца и других

животиња главни и директни извор N у урбаним земљиштима, док и N депозити из аутомобилских мотора индиректно утичу на укупни садржај N у њима. Истраживања Lorenz and Kandeler (2005) земљишта Штутгарта различитих типова коришћења земљишта показала су да највиши садржај органског и неорганског C има у земљиштима, као што су паркови, баште али и у земљиштима дуж железничких пруга, и у густо насељеним деловима града.

Минерализација N у урбаним срединама очекује се да буде ниска, међутим, Pouyat et al. (2007a) у својим истраживањима урбаних и руралних шума утврдили су да је у урбаним шумама висок степен разградње органског материјала, а такође упоредно висок и степен минерализације и нитрификације TN у земљишту. Истраживања Madrid et al. (2002) земљишта Севилје показују да у површинском слоју (0-10 cm) постоје велике разлике у садржају TN чије се процентуално учешће креће у распону од 0,03-0,69 %, а у доњем слоју земљишта (10-20 cm) од 0,03-0,73 %. Такође, овакве варијације забележене су и у садржају лако приступачног облика P (3-550 mg/kg у површинском и 109-771 mg/kg у доњем слоју), као и у погледу садржаја K (129-774 mg/kg у површинском и 109-771 mg/kg у доњем слоју). Истраживања земљишта Новог Београда показала су да се садржај лако приступачног облика P у површинским слојевима креће у распону од 4-30 mg/kg, а садржај лако приступачног облика K у распону од 9-40 mg/kg (Vratuša, 1986).

Разградња органске материје у земљишту од стране микроорганизама зависи од односа TC и TN (C/N) у њему. Hoogman and Islam (2010), Haney et al. (2012) и Esmailzadeh and Ahangar (2014) наводе да уношење органске материје у урбана земљишта има и своју позитивну конотацију, уколико је однос C/N мањи од 20, што омогућава органским материјама да се брзо разложе у земљишту. С друге стране, уколико је однос C/N виши од 20 то успорава њену разградњу. Истраживања Vratuše (1986) земљишта Новог Београда, показала су да је однос C/N у површинским слојевима под лишћарском вегетацијом у просеку износи 9, а под четинарском може да буде и виши од 20.

Загађење штетним материјама (посебно у градовима) постало је проблем животне средине у развијеним као и у неразвијеним земљама широм света (Sun et al., 2010). Islam et al., (2015) наводе да штетне материје које доспевају у градску животну средину често немају способност биоразградње, поседују високу токсичности и акумулативне способности.

Урбана земљишта генерално представљају континуалне реципијенте штетних елемената и других загађења. Wei and Yang (2010) и Karim et al. (2014) наводе да загађујуће материје у урбаним срединама потичу из најразличитијих извора, као што су индустријска активност, сагоревање угља и горива, емисија гасова из возила, одлагање комуналног отпада и др.

Woszczyk et al. (2018) истиче да су земљишта урбаних средина посебно склона акутној контаминацији различитим супстанцама међу којима су најчешће присутни **тешки метали** (тј. елементи са концентрацијама испод 100 mg/kg). Акумулација тешких метала у површинским слојевима урбаних земљишта и њихова трансформација у хемијски активне и покретне облике ствара знатан ризик по градску животну средину, с обзиром да могу да доспеју у подземне воде, а тим путем и у ланце исхране (Abrahams, 2002; Godt et al., 2006). Многи тешки метали као што су Fe, Zn и Cu и други спадају у групу микроелемената који имају важну улогу у метаболизму биљака. Међутим, у високим концентрацијама ови елементи су фитотоксични, док метали као што су Cd, Pb и други не учествују у физиолошким процесима у биљкама, али их оне ипак апсорбују путем корена и акумулирају их у својим ткивима (Sharma and Dubey, 2005; Samuilov et al., 2016). Управо и на овај начин ови елементи могу да доспеју у ланце исхране и непосредно утицати на здравље животиња и људи (Samuilov et al., 2016).

Li et al. (2009b), Alloway (2013) и Li et al. (2013) истичу да постоје **два главна извора тешких метала** у земљишту: природно порекло (пореклом од матичних стена) и антропогени извори загађења. Главна разлика између ова два извора је у загађењу где је она услед антропогеног далеко већа него из извора природног порекла (Alloway, 2013; Li et al., 2013). Више аутора (Li et al., 2001; Chen et al., 2005; Wang et al., 2005; Meuser, 2010; Alsaleh et al., 2018) истичу да се загађење урбаних земљишта тешким металима углавном преписује

антропогеним изворима, као што су процеси сагоревања фосилних горива, урбанизацији, пољопривредној производњи, рударству и сл. Као последица ових антропогених активности јављају се емисије тешких метала у ваздуху, који се касније депонују у урбана земљишта у виду металне прашине.

Према Nriagu and Pacyna (1988) степен загађења урбаних земљишта је, дакле, важан показатељ интензитета изложености људи утицају тешких металима у урбаним срединама. Тешки метали Pb, Zn, и Cu препознати су као типични загађивачи урбане средине и селектовани као параметри помоћу којих може да се измери деградација квалитета градске животне средине (Ajmone-Marsan and Biasioli, 2010; Borgogno-Mondino et al., 2015).

Степен загађености урбаних земљишта може да се измери **помоћу индекса загађења** као што 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 индекса потенцијалног еколошког ризика (*Potential ecological risk - RI*) (Kowalska et al., 2018; Yang et al., 2021).

PI се примењује да би се проценио степен загађења земљишта појединачним тешким металом. На основу PI може да се утврди који тешки метал представља највећу претњу у погледу загађења земљишта, а самим тим и за градску животну средину. $PI_{Nemerow}$ омогућава процену целокупног степена загађења земљишта, укључујући концентрацију свих анализираних тешких метала (Gong et al., 2008; Kowalska et al., 2018). PLI, такође се примењује за укупну процену степена загађења земљишта и пружа начин утврђивања стања земљишта као резултат акумулације тешких метала (Kowalska et al., 2018). Er примењује се да би се квантитативно изразио потенцијални еколошки ризик од појединачног тешког метала, а RI се примењује за процену степена еколошког ризика изазваног повишеном концентрацијом тешких метала у води, ваздуху и земљишту. Ове индексе, као и PI представио је Hakanson (1980). Многи аутори (Chen et al., 2005; Biasioli et al., 2006; Wei et al., 2009; Wei and Yang, 2010; Simon et al., 2013; Kowalska et al., 2018; Marković et al., 2018; Ćakmak et al., 2018; Kashyap et al., 2019; Nazarpour et al., 2019; Mataruga et al., 2020; Yang et al., 2021) користе наведене индексе у својим истраживањима и проценама утицаја тешких метала на животну средину.

Истраживања Hu et al. (2013) степена загађења земљишта различитих типова коришћења у провинцији Гуангдонг (Кина) која је густо насељена и у којој је присутна знатна индустријска активност показала су да је вредност PI била највиша у земљиштима индустријске зоне града. И истраживања степена загађености земљишта тешким металима индустријског града Донгуан (Кина), показала су да су PI вредности биле високе за Zn (1,95), Cu (2,84), Cd (2,36), Pb (1,72), Cr (0,81) и Ni (2,97). Такође, ово истраживање је показало да је PI вредност била виша од 1 код 66,0 % од укупног броја узорака за Zn, 69,8 % за Cu, 100 % узорака, за Cd, 86,8 %, а Pb 86,8 %, а 69,8 % за Ni (Liu et al., 2016).

Истраживања степена загађености земљишта тешким металима према урбано-руралном градијенту у областима Кулу и Манди, Хималајима Прадеш (Индија), на западу Хималаја, показала су да је PI вредност Cd била знатно виша у земљиштима урбане зоне (16,52) у односу на земљишта приградске (10,67) и руралне зоне града (3,77) (Kashyap et al., 2019). На основу $PI_{Nemerow}$ (који се кретао у распону од 3,4-6,7) истраживања утицаја саобраћаја на степен загађења тешким металима земљишта урбаних, субурбаних и руралних паркова Хонг Конга (Кина), показала су да она која су у близини саобраћајница са интензивнијим саобраћајем знатно су више загађена тешким металима Lee et al. (2006).

Такође, 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 граничним вредностима загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту* (УГВЗМ, 2019). Такође, за процену утицаја степена загађења тешким металима важно је извршити и поређење са њиховим концентрацијама у природним

земљиштима подручја које се истражује (референтна вредност) (Mrvić et al., 2009, 2011, 2019).

Више аутора (Thorpe and Harrison, 2008; Duong and Lee, 2011; Rózański et al., 2017) истичу да је **интензиван градски саобраћај** извор велике количине загађујућих материја у урбаним срединама, посебно тешких метала. Duong and Lee (2011) истичу да је садржај загађујућих материја у земљишту дуж прометних градских саобраћајница директно пропорционалан брзини возила, и да већа брзина кретања возила повећава емисију издувних гасова, штетних једињења, а самим тим и тешких метала у околно земљиште и ваздух. Li et al. (2001), Charlesworth et al. (2003) и Guney et al. (2010) су утврдили да се тешки метали који долазе услед интензивног саобраћаја акумулирају у прабини дуж путева, као и да су изузетно високе концентрације ових елемената забележене у прабини на раскрсницама које контролишу семафори, као и у близини саобраћајних чворишта која повезују различите делове града.

Досадашња истраживања (Blok, 2005; Liu et al., 2009; Chen et al., 2010; Yan et al., 2013; Werkenthin et al., 2014; Zhang et al., 2015) показала су да се концентрација тешких метала смањује са растојањем од саобраћајница. Такође, утврђено је (Zhang et al., 2015; Guney et al., 2010) да се њихова концентрација смањује и са дубином земљишта, осим у случајевима поремећаја земљишта дуж саобраћајница у виду раскопавања, реконструкције пута, орања и сл. Установљено је да је најзначајнији извор Cd хабања гума и делова возила, као и процес сагоревања горива (Chen et al. 2010), а Zn абразија гума и уља за подмазивање (Adachi and Tainosho, 2004; Blok, 2005) и корозија банкина (Blok, 2005). Главни извора Cu је хабање кочница (Adachi and Tainosho, 2004), а Cr претежно потиче од нафтних остатака и абразије кочионих плочица и гума (Zehetner et al., 2009; Zhang et al., 2015). Не треба изоставити ни Pb чије су високе концентрације у земљиштима дуж саобраћајница 70-тих година XX века изазвале велику забринутост као резултат употреба бензина са знатним садржајем овог елемента (Вратуша, 1999; Chen et al. 2005; Zehetner et al., 2009; Zhang et al., 2015). Без обзира што је ово гориво већ више од деценије забрањено широм света, присуство Pb у земљиштима дуж многих саобраћајница и даље је високо. Поред наведених тешких метала и Ni је препознат као тешки метал чије се повишене концентрације често јављају у земљишту и прабини дуж саобраћајница (Bignal et al., 2004; Sezgin et al., 2003; Cannon and Horton, 2009; Wei and Yang, 2010; Li et al., 2013).

Cannon and Horton (2009) у земљиштима дуж два главна аутопута у Чикагу утврдили су високе средње вредности концентрација Pb (преко 7600 mg/kg) наглашавајући да су оне последица првенствено интензивног саобраћаја. У свом раду они су истраживали концентрације тешких метала и у другим урбаним земљиштима Чикага и при том евидентирали високе средње вредности концентрација Pb (198 mg/kg), Zn (235 mg/kg), Cu (59 mg/kg) и Ni (31 mg/kg).

И друга истраживања у свету потврђују високо присуство тешких метала у земљиштима дуж саобраћајница. Guney et al. (2010) истраживали су присуство тешких метала дуж аутопута у Истанбулу (Турска), при чему су утврдили да су средње вредности концентрација Pb у узорцима прашине и површинског слоја земљишта са аутопута биле значајно више него оне у узорцима споредних путева. Максимална измерена концентрација Pb у прабини на аутопуту износила је 1,087 mg/kg сувог тела, а забележена је у профилу код моста (саобраћајном чвору) који спаја два округа. Највише средње вредности концентрација тешких метала у узорцима површинских слојева земљишта и у узорцима дубине до 20 cm износиле су 1,573 mg/kg и 302 mg/kg. Овај профил се налазио на истом саобраћајном чвору. Највише средње вредности концентрација Zn утврђене су у узорцима прашине и површинских слојева земљишта дуж аутопута од 245-255 mg/kg (респективно), а максималне вредности од 521-522 mg/kg. Загађење земљишта Cu утврђено је само на неким локацијама дуж аутопута, при чему су максималне и средње вредности концентрација Cu у узорцима површинских слојева земљишта биле од 136 mg/kg, односно од 68,7 mg/kg. Ове измерене средње вредности биле су веће од средњих вредности концентрација Cu у узорцима

земљишта дубине до 20 cm дуж аутопута (максимално 94,1 mg/kg и средње 47,0 mg/kg) и у површинским слојевима земљиштима споредних путева (максималне 38,1 mg/kg и средње вредности 23,4 mg/kg).

У земљиштима дуж саобраћајница Дамаска (Сирија) концентрација Pb кретала се у распону од 78,4-832,0 mg/kg (Othman et al., 1997), а у земљиштима дуж аутопута А-8 у Гипузкои, (Шпанија) констатоване су изузетно високе максималне концентрације за Zn (1.548 mg/kg) и Pb (2.204 mg/kg) (Garcia and Millá, 1998).

Истраживања Johansson et al. (2009), показала су да је главни извор тешких метала у центру урбаног подручја Стокхолма саобраћај. Утврђено је да су средње вредности концентрација Cd, Ni и других тешких метала на једној од најпрометнијих саобраћајница у Стокхолму неколико пута ниже од директива ЕУ.

Истраживања Chen et al. (1997) и Wang et al. (2005) истичу да је и **индустријска активност** један од важних антропогених изора различитих врста загађења градске средине а посебно тешких метала. Штетне материје које настају као резултат индустријских активности у градовима често нису биоразградиве, испарљиве или у води растворљиве, већ се третирају као стално присутно загађење. Тешки метали који на подручју индустријских зона града доспевају у земљиште остају присутни у педосфери дуги низ година. Jennings et al. (2002) наглашавају да ове контаминације остају у сталној вези са земљиштем и да се током времена повећава њихова имобилизација.

Imperato et al. (2003) пак истичу да у земљиштима индустријских комплекса/зона чак и после више година након уклањања извора загађења, односно промене типа коришћења датог простора, остају забележене повишене концентрације тешких метала.

Утврђено је (Gallagher et al., 2008; Li et al., 2009a; Woszczyk et al., 2018) да различити тешки метали (као што су Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) коришћени у производњи легура и челика, као и у металној индустрији (као што су производња возила, електричних жица, батерија и електричних уређаја) примарно доспевају у земљиште атмосферским таложењем индустријске прашине која потиче сагоревањем фосилних горива и бензина, као и топљењем обојених метала. Према Wong et al. (1996) земљишта у индустријским комплексима/зонама у урбаним подручјима имају највећу концентрацију тешких метала.

Истраживања Woszczyk et al. (2018) индустријског подручја града Уст-Каменогорск (Казахстан), које припада металуршкој индустрији, показују да је садржај тешких метала у земљиштима са високом концентрацијом Zn (625,3-2.406,3 mg/kg), Cu (87,9-856,3 mg/kg), Cd (3,8-27,4 mg/kg) и Pb (187,2-1.347,7 mg/kg). Концентрације ових тешких метала у већем делу града премашиле су максимално дозвољене концентрације за стамбено, рекреативне и институционалне површине од 500 mg/kg за Zn и Pb, 100 mg/kg за Cu и 5 mg/kg за Cd.

Истраживања Li et al. (2009a) присуства тешких метала у земљиштима на двадесетак локација старе индустријске зоне Теики у граду Шењанг (Кина) јасно су показала да су она загађена Cu, Zn, Pb и Cd. Концентрације ових метала прелазиле су прописане граничне вредности. Укупна концентрација тешких метала у индустријским земљиштима чија је делатност била обрада метала или хемијска индустрија, била је од неколико до чак стотину пута већа од граничних вредности. Истраживања ових земљишта показала су опадајуће концентрације тешких метала са повећањем дубине земљишта, а стопа пада од 0-20 cm до 40-60 cm дубине земљишта била је за Pb 90 %, Cd 75 %, Zn 40 % и Cu 15 %. Смањење концентрације Pb и Cd из површинског слоја у односу на доњи, много је веће од оних код Zn и Cu, што указује да се Pb и Cd лакше нагомилавају у површинским слојевима земљишта. Међутим, концентрације Cu, Zn и Cd на дубини земљишта од 40-60 cm и даље су биле много више од граничних вредности, показујући да је и у доњим слојевима дошло до знатног загађења тешким металима. Загађење овим тешким металима није утврђено на дубини земљишта од 80-100 cm, а концентрација Cd овде је била висока. Аутори ову појаву објашњавају високом концентрацијом загађења и великом изменљивом фракцијом Cd услед дугогодишњег загађења, као и нижом утврђеном рН вредности земљишта.

Каснија истраживања Li et al. (2013) присуства тешких метала на овим истим

индустријским локацијама показала су високе средње концентрације Pb (116,76 mg/kg), Cu (92,45 mg/kg), Cr (67,90 mg/kg), Zn (234,80 mg/kg), Cd (1,10 mg/kg) и других. Ова истраживања показала су да су скоро све истражене локације у индустријском округу Тиеки контаминирани тешким металима, као и да су високе средње концентрације Pb, Cu, Zn и Cd не само присутне у индустријским зонама већ су и широко распрострањене у оближњим стамбеним подручјима и парковима.

Истраживања Madrid et al. (2002) **земљишта зелених површина** Севиље указују да постоји значајни степен загађења ових земљишта посебно тешким металима као што су Cu, Pb и Zn. Концентрација ових метала је посебно висока на локацијама које се налазе ближе историјском центру града. Аутори, ово загађење искључиво преписују саобраћају, с обзиром да је од истражених локација индустријска производња на значајној удаљености. Истраживања земљишта паркова шест европских градова: Аверо (Португал), Глазгов (Велика Британија), Љубљана (Словенија), Севиља (Шпанија), Торино (Италија) и Упсала (Шведска) који се знатно разликују по климатским условима као и интензитету индустријске активности током времена, показала су велику варијабилност у погледу концентрације тешких метала (Zn, Cu, Pb, Cr и Ni).

Према истраживањима степена загађења тешким металима у парковима Madrid et al. (2006) утврдили су да су у земљиштима паркова у градовима са наслеђем интензивне индустријске производне (Гласгов, Торино) знатно веће средње концентрације загађења тешким металима, док су у земљиштима градова Љубљане, Севиље и Упсале ове вредности биле интермедијалне. У граду Аверо са најмање интензивном индустријом, где су истраживања концентрације тешких метала спроведена у парку који је подигнут пре само деценију, истраживања су показала најниже концентрације тешких метала. Концентрација Cr и Ni, највиша је била у Торину. Ова појава приписује се старости парка (око 400 година), затим присуству интензивног саобраћаја и индустријске производње у непосредној близини, као и специфичности саме геолошке подлоге.

Више истраживања (Qingjie et al., 2008; Kachova and Atanassova, 2017) показују присуство високих концентрација Zn, Cu, Cd, Pb и других тешких метала у земљишту паркова који су смештени у индустријским и комерцијалним зонама града са развијеном саобраћајном инфраструктуром, наглашавајући управо то да су интензивна индустријска активност и аутомобилски саобраћај главни извори загађења ових зелених површина града.

Lee et al. (2006) истраживали су степен загађења земљишта Хонг Конга (Кина) у односу на степен урбанизације града (припадности урбанистичким зонама града), при чему су утврдили да су средње вредности концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, и Pb, Cr) биле више у земљиштима урбане (103, 16,2, 0,36, 88,1, и 17,8 mg/kg) у односу на земљишта субурбане (67,9, 9,72, 0,37, 57,8, и 20,8 mg/kg) и руралне зоне града (46,8, 6,37, 0,35, и 39,6 mg/kg). И истраживања Biasioli et al. (2006) земљишта града Торина (Италија) показала су да су средње вредности концентрације тешких метала (Zn, Cu, Pb, Cr и Ni) биле више у земљиштима урбане (189, 90, 149, 191 и 209 mg/kg) у односу на земљишта руралне зоне града (62, 28, 62, 96 и 74 mg/kg). Такође, истраживања Rodrigues et al. (2013) земљишта града Порта (Португал) показала су да је средња вредност концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd и Pb) у урбаној зони града (216, 90, 0,43 и 137 mg/kg) била виша у односу на средње вредности концентрација ових метала у земљиштима руралне зоне града (76, 67, 0,22 и 35 mg/kg). И истраживања Мао et al. (2014) земљишта Пекинга (Кина) показала су да су средње вредности концентрације тешких метала (Cu, Pb и Cr) биле више у земљиштима урбане (39,95, 29,56 и 53,85 mg/kg и) у односу на на средње вредности концентрација ових тешких метала у земљишта транзиционе (28,98, 26,63 и 56,37 mg/kg) и субурбане зоне града (25,78, 18,84 и 53,51 mg/kg).

Pfleiderer et al. (2012) истраживањем различитих типова коришћења земљишта Беча (Аустрија) показали су да је средња вредност концентрација Zn (170 mg/kg), Cu (45,5 mg/kg), Cd (0,7 mg/kg), Pb (96 mg/kg) и Cr (38 mg/kg) била највиша у земљиштима индустријске зоне града, док је средња вредност концентрације Ni (29 mg/kg) била највиша у земљиштима дуж

саобраћајница. Истраживања Xia et al. (2011) различитих типова коришћења земљишта Пекинга (Кина) показала су највише утврђене средње вредности концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd и Pb) у земљиштима у парковски уређеним површинама (117,96, 50,06, 0,237 и 73,63 mg/kg) у односу на њихове средње вредности концентрација у земљиштима дуж саобраћајница (83,66, 28,96, 0,199 и 33,25 mg/kg).

Једна од првих истраживања присуства тешких метала у урбаним земљиштима на подручју Србије (Београд), вршила је Вратуша (1999) испитивајући концентрацију тешких метала у земљиштима различитих категорија зелених површина Београда. Истраживања су показала да су средње вредности концентрација Pb, Cd, Zn и Cu у површинском слоју земљишта паркова у градском центру биле значајно више од оних утврђених у хумусно акумулативном хоризонту земљишта урбаних шума. Показано је да је последица ове значајне разлике у близини и интензитету аутомобилског саобраћаја, који је главни извор ових тешких метала у градској средини. Овде посебно треба узети у обзир да се способност природних шумских предела који су састављени од високог дрвећа, гушћег склопа и међусобне биолошко-еколошке повезаности огледа у ефикаснијем систему пречишћавања атмосфере од различитих загађивача, у овом случају тешких метала него градске зелене површине (Вратуша и Анастасијевић, 1988). 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, посебно Zn, Cu, Pb, Cr и Ni (Pavlović et al., 2017c; Pavlović et al., 2018a; Pavlović, 2018b; Pavlović, 2018c).

Значајна истраживања за подручје наше земље су и истраживања Ghariani et al. (2010), која су истраживајући загађеност тешким металима земљишта дуж путева и саобраћајница са интензивним саобраћајем у Београду, утврдила да се концентрација Zn кретала у распону од 132,63-734,16 mg/kg, Cu од 48,61-314,80 mg/kg, Cd од 4,01-17,75 mg/kg, Pb од 51,35 - 1.847,64 mg/kg, Cr до 43,15-159,96 mg/kg и Ni до 57,65-360,95 mg/kg. Иста истраживања показала су да су се концентрације тешких метала у земљиштима паркова за Zn кретале у распону од 192,34-201,58 mg/kg, Cu од 90,95-118,63 mg/kg, Cd од 5,34-9,12 mg/kg, Pb 46,51-262,64 mg/kg, Ni од 84,06-109,14 mg/kg и Cr од 49,65-64,08 mg/kg.

Pavlović et al. (2017b) у својим истраживањима концентрације тешких метала у површинском слоју земљиштима паркова у близини индустријских зона и интензивног саобраћаја, у четири града Србије (Београд, Панчево, Обреновац и Смедерево) утврдили су најнижу средњу концентрацију Zn (54,73 mg/kg) у Панчеву, а највишу (151,26 mg/kg) у Смедереву, Cu најнижу (36,98 mg/kg) у Београду, а највишу (64,12 mg/kg) у Смедереву, Cr најнижу (72,08 mg/kg) у Београду, а највишу (126,01 mg/kg) у Смедереву. У истом истраживању аутори су указали да је средња концентрација Cd била испод максимално дозвољене концентрације (0,8 mg/kg; УГВЗМ, 2019), док су садржаји Zn, Pb, Cu, Cr, Ni и других тешких метала били изнад максимално дозвољене вредности.

Истраживања Џакмак et al. (2018) концентрације тешких метала у земљиштима зелених површина у близини обданишта и школа централне зоне Београда, показала су да је Zn тешки метал са највишом утврђеном средњом вредношћу концентрација од 223,11 mg/kg, затим Ni од 46,79 mg/kg и Cd од 0,96 mg/kg.

Прегледом досадашњих истраживања загађења урбаних земљишта тешким метала указују 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 (саобраћајних чворишта), парковима и урбаним шумама. Такође, од посебног значаја је и праћење степена загађења урбаних земљишта тешким металима у односу на степен урбанизације града и променама у типу коришћења урбаног земљишта. У прилог овоме говоре и тврдње Белановић et al. (2016) да је неопходна синтеза идеја и метода које узимају у прорачун хетерогеност земљишта и његове вишеструке функције, и да је од посебног значаја процена квалитета земљишта у односу на поједине типове коришћења и управљања

земљишним простором. Franco et al. (2013) такође наводе да резултати сталног праћења промена у физичко-хемијским карактеристикама и степену загађења урбаних земљишта посебно тешким металима, служе као важна полазна основа у утврђивању адекватних мера за заштиту земљишта од даље деградације и могућности његове ревитализације за његова нова коришћења.

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

3.1. Опис подручја истраживања

Истраживања физичких и хемијских карактеристика као и степена загађења тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у земљиштима различитих урбанистичких зона града и различитог типа коришћења земљишта спроведена су на подручју Београда. Територија Београда (44°49'14" северне географске ширине и 20°27'44" источне географске дужине), обухвата површину од око 322.270 ha, а уже градско подручје обухвата простор од око 36.000 ha (БГД, 2017). Београд је изграђен на заталасаном терену, тако да се надморска висина креће од око 71 m, на обалама Саве и Дунава до 628 m, на Космају (Јовановић, 1950).

Према подацима Републичког завода за статистику Републике Србије на широј територији Београда у 2019. години регистровано је 1.694.056 становника (ОРРС, 2020). Радијални-концентричан развој града Београда у односу на традиционални градски центар, условило је заузимање значајних површина градског земљишта за становање. Овакво просторно ширење града довело је до дисбаланса у планираним наменама коришћења земљишта и прерасподели урбаних функција. Привредни, индустријски комплекси/зоне Београда који иначе представљају и највеће загађиваче градске животне средине, налазе се на подручју: Луке Београд-Ада Хуја, Панчевачког рита, Аутопута Е75, Новог Београда, Горњег Земуна, Обреноваца и Раковице. Већи број највећих градских загађивача данас ради са веома смањеним капацитетом, или више није у функцији и те површине су предвиђене за пренамену коришћења земљишта (Еко Атлас, 2019). У Београду паркови су углавном лоцирани између стамбено-пословних квартова окружени саобраћајницама. Већи комплекси преосталих урбаних шума у околини града налазе се у Кошутњаку, Степином гају, Авали, Липовици, а мање на адама уз реке Саве и Дунава (Јовановић, 1950).

Београд прожима веома густа саобраћајна инфраструктура, која је резултат наглог повећања броја становника, посебно после II светског рата. Развој саобраћајне инфраструктуре условило је и нагли пораст броја путничких аутомобила на београдским улицама. У односу на 1985. годину овај број повећао се три пута (Јовић, 2003; Јовић and Ђорић, 2009). Подаци Републичког завода за статистику Републике Србије указује да је на територији Београда у 2019. години регистровано око 694.961 моторних возила (ОРРС, 2020). Такође, забележено је да је само у току дана на улицама Београда присутно око 480.000-600.000 путничких аутомобила што је три пута више у односу на 1985. годину (Јовић, 2003; Јовић and Ђорић, 2009).

3.2. Опис експеримента-експериментални дизајн

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

Према *Генералном плану Београда за 2021. годину* (ГПБ 2007), дефинисане су четири урбанистичке зоне града: централна (3.206,00 ha), приградска (8.532,00 ha), спољна (21.961,00 ha) и рубна (43.902,00 ha). Централна урбанистичка зона града чини само градско језгро са великом густином насељености. Овде су укључена администрација, стамбена и

културна подручја града, са компактном и разноврсном изграђеном инфраструктуром, као што су зграде, путеви, мостови, градски тргови, паркови, итд. Приградска урбанистичка зона града је зона која окружује централну урбанистичку зону и представља шири део изграђеног дела града, који поред знатних изграђених и непропусних површина садржи и објекте за рекреацију и спорт, путеве, индустријска подручја, градске паркове итд. Спољну урбанистичку зону града чине пољопривредна подручја и она блиска природним, као и напуштена подручја. Овде се јавља мала густина насељености. Рубну урбанистичку зону града углавном чине пољопривредне површине, природна и заштићена подручја, као и други природни системи града (урбане шуме, гајеви, зеленило водотока, итд.).

Према *Плану генералне регулације система зелених површина Београда* (ПГР, 2018) 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 саобраћана 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).

Критеријуми за избор локалитета за узорковање земљишта били су да:

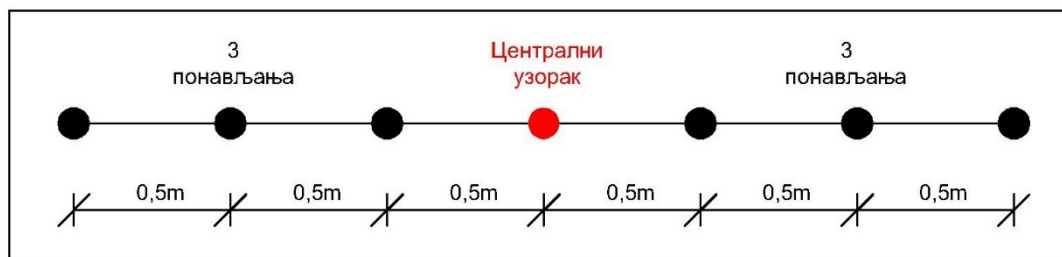
- су јавна својина и доступне за рад на терену,
- се њихово стање није мењало (под утицајем изградње, реконструкције и сл.) у периоду од последњих десет година и
- су изабрани локалитети под неким обликом вегетације.

3.3. Методе теренског узорковања

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 (0-10 cm) и доњим слојевима земљишта (10-40 cm) 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 (Madrid et al., 2002, Chen et al., 2010, Zhang et al., 2015, Wang and Zhang, 2018). Услед ограничених могућности отварања стандардних педолошких профила у градским условима, као и велике хетерогености урбаних земљишта у односу на природна, код испитивања физичких и хемијских карактеристика урбаних земљишта препоручује се формирање композитног узорка, који се у основи састоји од случајног узорковања земљишта са већим бројем понављања. У парковима и земљиштима које припадају индустријским комплексима/зонама града композитни узорак је формиран на основу узороковања у 3 понављања са површине од 1 m² (Madrid et al., 2002). 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 узороковано је по 2 композитна узорка (7 паркова). У земљиштима уз саобраћајна чворишта формиран је по 1 композитни узорак са сваке стране саобраћајног чворишта. 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 (Слика 1).



Слика 1. Шема узорковања земљишта уз саобраћајна чворишта

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 домаћаја директног антропогеног загађења.

Узорци су сакупљени са 26 локалитета на подручју Београда и то:

- 1. Десет паркова** (Парк Београдска тврђава – Доњи град; Парк Калемегдан; Парк у Панчићевој улици; Парк Пријатељства; Земун-Градски парк; Топчидерски парк; Парк Мањеж; Парк у Пожешкој улици; Парк Беле Воде; Парк Миљаквачки извори);
- 2. Пет локалитета** који припадају индустријским комплексима/зонама града (21. Мај Београд; Ливница Раковица; ИМР; Ливница Победа Београд; Грмеч, Земун);
- 3. Осам саобраћајних чворишта** (Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70; Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омладинских бригада; Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића; Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења; Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића; Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Војислава Илића; Саобраћајно чвориште: Е70 и Булевар Деспота Стефана; Саобраћајно чвориште: Е70 и Панчевачки Пут); и
- 4. Три локалитета под шумском вегетацијом** (Степин Гај, Авала и Липовачка шума) као контрола.

Укупно је сакупљено 126 композитних узорка земљишта.

3.4. Методе лабораторијских истраживања

Физичке и хемијске карактеристике и концентрације тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у земљишту Београда истражени су на основу стандардних педолошких анализа.

Лабораторијска испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта обављена су у Педолошкој лабораторији Шумарског факултета у Београду, а резултати су приказани табеларно. Испитивања физичких карактеристика земљишта обухватила су одређивање количине хигроскопне воде и гранулометријског састава земљишта. Испитивања хемијских карактеристика обухватила су одређивање рН вредности земљишта (активна рН_{H2O}, супституциона рН_{Ca} и хидролитичка киселост Y₁), адсорптивног комплекса земљишта,

процентуалног учешћа CaCO_3 , хумуса, укупног угљеника (ТС) и укупног азота (ТН), органског угљеника (ОС), однос угљеника и азота (С/Н), и присуства лако приступачног облика фосфора (Р) и калијума (К).

Лабораторијска испитивања земљишта обављена су по следећој методологији: процентуални садржаја хигроскопске воде одређен је сушењем у сушници на температури од 105 °С у току 6 до 8 часова; гранулометријски састав земљишта одређен је комбинованом методом елутрације помоћу сита и пипет методом по Atteberg-у уз одређивање процентуалног садржаја фракција од: 2-0,2 mm, 0,2-0,06 mm, 0,06-0,02 mm, 0,02-0,006 mm, 0,006-0,002 mm и <0,002 mm (Bošnjak et al., 1997). Класификација земљишта и његових фракција извршена је према WRB (2015) класификацији, која представља нову, савремену класификацију земљишта (у односу на стандардну Wiegner-у) и то на фракције: фракције песка 2-0,06 mm (груби 2-0,2 mm и фини песак 0,2-0,06 mm), праха 0,06-0,002 mm (груби прах 0,06-0,02 mm, фини прах 1 0,02-0,006 mm и фини прах 2 0,006-0,002 mm) и глине < 0,002 mm.

Хемијске карактеристике земљишта обављене су према следећој методологији: киселост земљишта одређена по методу UNEP-UN/ECE број 9103 СА. Хидролитичка киселост одређена је по методи Карпен-а; сума адсорбованих базних катјона одређена је по *Kappen*-у (S у smol/kg); тотални капацитет адсорпције за катјоне (Т у $\text{smol}\cdot\text{kg}^{-1}$); сума киселих катјона (Т-С у smol/kg) одређена је рачунским путем; степен засићености земљишта базама по Hissink-у; процентуални садржај хумуса и ТС одређен је по методи *Tjurin*-а (1960) у модификацији Simakov-а; ОС израчунат је по формули: $\text{OC}=\text{TC}-(0,12*\text{CaCo}_3)$; ТН у земљишту одређен је по *Kjeldahl*-у; однос С/Н одређен је рачунским путем; присуство лако приступачних облика Р и К одређени су А1 методом (ХМИЗ, 1966).

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 ААС (*Atomic Absorption Spectroscopy*), на апарату *Thermo M Series A*, USA, а припрема узорка извршена је дигестијом са царском водом (SRPS-ISO 14870, 2005). Мерења су обављена у 2 реплике, а граница детекције апарата је за: Zn-0,01679, Cu-0,06549, Cd-0,01798, Pb-0,11111, Cr-0,03203 и за Ni-0,034302.

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* (УГВЗМ, 2019). Такође, добијене концентрације тешких метала упоређене су са њиховим референтним вредностима које представљају референтне концентрације за подручје Централне Србије (Mrvić et al., 2019). Као референтну концентрацију Cd узета је вредност на основу добијених истраживања земљишта Моравичког округа (Mrvić et al., 2011). У Табели 1. представљене су референтне концентрације тешких метала у земљиштима Централне Србије (Mrvić et al., 2011; 2019), граничне максималне и ремедијационе концентрације тешких метала према закону РС (УГВЗМ, 2019) и одзив токсичности појединачног тешког метала према Håkanson (1980).

Табела 1. Референтна, ГМВ и ремедијационе вредности тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у земљиштима Републике Србије и одзив токсичности

Вредности	Концентрација истраживаних тешких метала у земљишту (mg/kg)					
	Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
Референтне вредности	68,14	31,80	0,86	54,92	52,40	52,00
Гранична максимална вредност	140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност	720	190	12	530	380	210
Одзив токсичности	2	5	30	5	2	5

3.5. Методе израчунавања индекса загађења земљишта тешким металима

Као полазна основа за израчунавање индекса загађења земљишта коришћена су истраживања Håkanson (1980), Kowalska et al. (2018) и др.

Појединачни индекс загађења (*Single pollution index - PI*)

PI примењен је да би се проценио степен загађења истраживаних земљишта Београда. На основу PI може да се утврди који тешки метал представља највећу претњу за земљиште. Такође, неопходан је ради рачунање неких од комплексних индикатора, као што су: Немеров индекс загађења (*Nemerow Pollution Index - $PI_{Nemerow}$*), индекс оптерећења загађењем (*Pollution Load Index - PLI*), фактор еколошког ризика (*Ecological risk factor - Er*) и друге. Дефинисан је као однос концентрације тешких метала и референтне концентрације елемената. Израчунат је на основу следеће формуле:

$$PI = \frac{C_n}{B_n}$$

где је C_n измерена средња концентрација тешких метала, а B_n је референтна концентрација тешких метала (Mrvić et al., 2011, 2019). Коришћене су следеће категорије загађења: $PI \leq 1$ незагађена земљишта, $1 < PI \leq 2$ низак степен загађења, $2 < PI \leq 3$ средњи степен загађења, $3 < PI \leq 5$ висок степен загађења, $PI \leq 5$ екстремно висок степен загађења.

Немеров индекс загађења (*Nemerow Pollution Index - $PI_{Nemerow}$*)

$PI_{Nemerow}$ омогућава процену целокупног степена загађења земљишта и укључује концентрацију свих анализираних тешких метала. Израчунат је на основу следеће формуле:

$$PI_{Nemerow} = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PI\right)^2 + PI_{\max}^2}{n}}$$

где је PI - израчуната вредност појединачног индекса загађења. Индекс PI_{\max} - је максимална вредност појединачног индекса загађења свих анализираних тешких метала и n - је број анализираних тешких метала. На основу Немеровог индекса загађења дефинисано је пет класа квалитета земљишта: класа I $\leq 1,7$ незагађено земљиште; класа II 0,7-1 граница упозорења; класа III 1-2 незнатно загађење; класа IV 2-3 средње загађење; класа V ≥ 3 тешко загађење.

Индекс оптерећења загађењем (*Pollution Load Index - PLI*)

PLI примењен је да би се проценио укупни степен загађења земљишта. Овај индекс пружа увид у стања земљишта као резултат акумулације тешких метала. PLI је израчунат као средња геометријска средина PI на основу следеће формуле:

$$PLI = \sqrt[n]{PI_1 \times PI_2 \times PI_3 \times \dots \times PI_n}$$

где је n - број анализираних тешких метала и PI - израчуната вредност за појединачни индекс загађења. PLI класификује се на основу: < 1 незагађено земљиште; 1 основни степен загађења; > 1 погоршање квалитета земљишта.

Фактор еколошког ризика (*Ecological risk factor- Er*)

Er примењен је да би се квантитативно изразио потенцијални еколошки ризик загађења земљишта појединачним тешким металом, а израчунава се на основу следеће формуле:

$$E_r^i = T_r^i \times PI$$

где је T_r - коефицијент одзива токсичности појединог метала (Табела 1) и PI - израчуната вредност за појединачни индекс загађења. Вредности T_r за истраживане тешке метале износе: Zn - 2, Cu - 5, Cd - 30, Pb - 5, Cr - 2, Ni - 5 Hakanson (1980). На основу фактора еколошког ризика, издвојено је 5 класа квалитета земљишта: <40 низак потенцијални еколошки ризик; 40<Er<80 средњи потенцијални еколошки ризик; 80<Er<160 значајан потенцијални еколошки ризик; 160<Er<320 висок потенцијални еколошки ризик и Er>320 веома висок потенцијални еколошки ризик.

Индекс потенцијалног еколошког ризика (*Potential ecological risk -RI*)

RI примењен је за процену степена еколошког ризика изазваног повишеном концентрацијом тешких метала у води, ваздуху и земљишту. Индекс се израчунава на основу следеће формуле:

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i$$

где је n - број тешких метала и E_r - фактор еколошког ризика. На основу потенцијалног еколошког ризика, издвојено је пет класа квалитета земљишта: <90 низак еколошки ризик; 90-180 средњи; 180-360 јак; 369-720 веома јак и >720 веома јак потенцијални еколошки ризик.

3.6. Статистичка анализа добијених резултата

Статистичка обрада података и графичка презентација резултата истраживања примењена 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 (припадност различитим урбанистичким зонама града) 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 χ^2 -квадрат тест употребљен је ради утврђивања припадности текстурној класи испитиваних земљишта, а на основу Крамеровог коефицијента 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. Значајност корелације вреднована је на основу r вредности и то: високо значајна корелација $r < 0,001$, значајна корелација $r < 0,01$ и ниска корелација $r < 0,05$. 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.

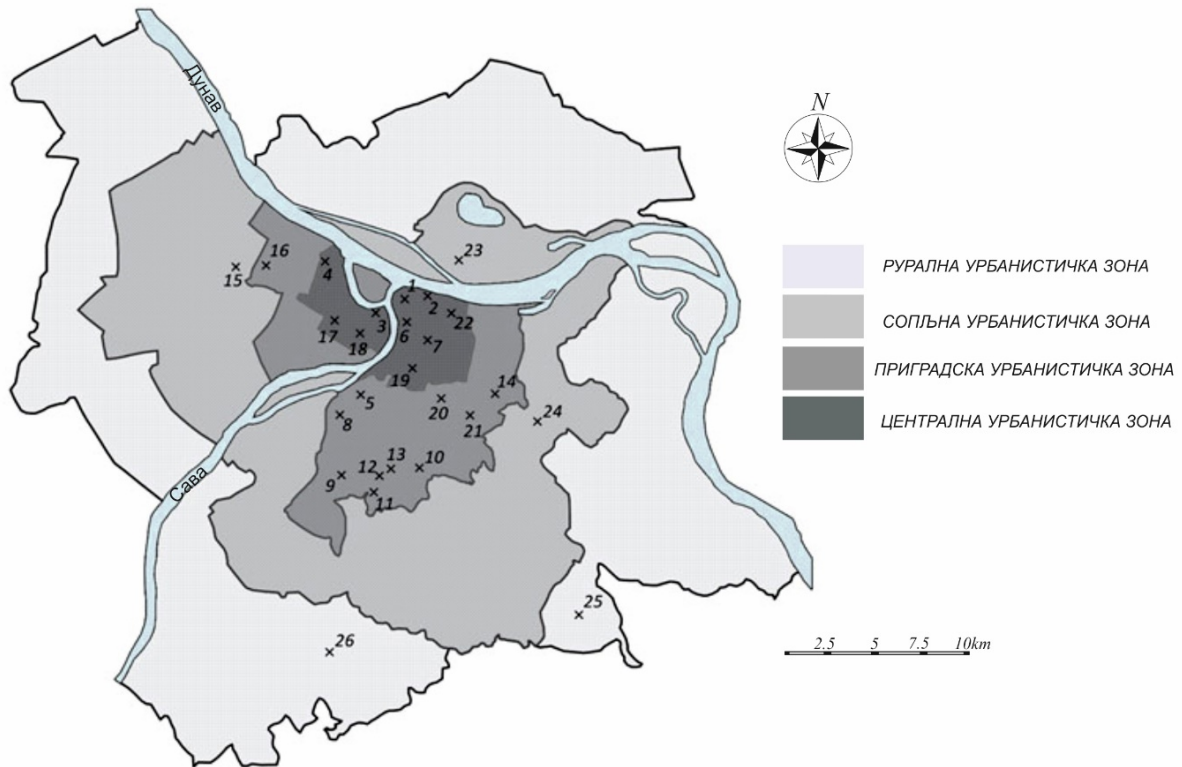
t-тест примењен је ради утврђивања односа утврђених средњих вредности концентрација тешких метала и њихових концентрација у природним земљиштима Централне Србије (референтна вредност) (Mrvić et al., 2011, 2019).

3.7. Опис локалитета истраживања

На подручју Београда, према границама обухвата *Генералног плана Београда, 2021* (ГПБ, 2007), за потребе ових истраживања, издвојена су укупно 26 локалитета (Табела 2). Шематски приказ истраживаних локалитета и урбанистичких зона града дат је на Карти 1.

Табела 2. Истраживани локалитети урбаног дела Београда

Бр.	Назив локалитета	Урбанистичка зона
ПАРКОВИ		
1	Београдска тврђава - Доњи град	Централна зона
2	Парк у Панчићевој улици	Централна зона
3	Парк Пријатељства	Централна зона
4	Земун-Градски парк	Централна зона
5	Топчидерски парк	Приградска зона
6	Парк Калемегдан	Централна зона
7	Парк Мањез	Централна зона
8	Парк у Пожешкој улици	Приградска зона
9	Парк Беле Воде	Приградска зона
10	Парк Миљаковачки извори	Приградска зона
ИНДУСТРИЈСКИ КОМПЛЕКСИ/ЗОНЕ		
11	21. мај Београд	Приградска зона
12	Ливница Раковица	Приградска зона
13	ИМР	Приградска зона
14	Ливница Победа Београд	Приградска зона
15	Грмеч, Земун	Спољна зона
САОБРАЋАЈНА ЧВОРИШТА		
16	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70	Приградска зона
17	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омладинских бригада	Централна зона
18	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића	Централна зона
19	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења	Централна зона
20	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића	Приградска зона
21	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Војислава Илића	Приградска зона
22	Саобраћајно чвориште: Е70 и Булевар Деспота Стефана	Централна зона
23	Саобраћајно чвориште: Е70 и Панчевачки пут	Спољна зона
УРБАНЕ ШУМЕ		
24	Степин гај	Спољна зона
25	Авала	Рубна зона
26	Липовачка шума	Рубна зона




Карта 1. Шематски приказ истраживаних локалитета и урбанистичких зона Београда

3.7.1. Приказ истражених локалитета паркова

01 -Локалитет – Парк Београдска тврђава – Доњи град


<p>Опис локалитета: Први подаци о Београдској тврђави датирају још из II века пре нове ере, а подаци о настанку словенског града на овом подручју датирају из периода између VIII у IX век. Дуги низ година Београдска тврђава имала је војну функцију. После 1867. године она губи статус војничког упоришта, а на овом простору започињу археолошка истраживања и сам простор, заједно са Калемегданским парком стављају се под заштиту државе.</p>	
<p>Приказ локалитета и места узорковања</p>	<p>Урбанистичка зона: Централна урбанистичка зона</p>
	<p>Надморска висина: 76 m</p>
	<p>ГПС координате: 44°49'34"N 20°26'57"E</p>
<p>Површина парка: > 4 ha</p>	<p>За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда</p>
<p>Ознака узорака</p>	<p>Слој 0-10 cm: P₁ и P₃</p>
	<p>Слој 10-40 cm: P₂ и P₄</p>

02. -Локалитет – Парк у Панчићевој улици

Опис локалитета: Парк у Панчићевој улици налази се на територији општине Стари град и део је стамбеног блока. Парк је подигнут 1980-тих година када је изграђено и само насеље.		
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Централна урбанистичка зона	
	Надморска висина: 80 m	
	ГПС координате: 44°49'29"N 20°27'51"E	
	Површина парка: <4 ha	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: P ₅
Слој 10-40 cm: P ₆		


03. -Локалитет – Парк Пријатељства

Опис локалитета: Парк Пријатељства налази се на Новом Београду, на ушћу Саве и Дунава, а подигнут је на иницијативу Покрета горана 1961. године, поводом прве конференције несврстаних земаља. Проглашен је за знаменито место управо због јединственог начина настанка и уређења.

Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Централна урбанистичка зона	
	Надморска висина: 76 m	
	ГПС координате: 44°49'11"N 20°26'11"E	
	Површина парка: >4 ha	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: P ₇ и P ₉
Слој 10-40 cm: P ₈ и P ₁₀		

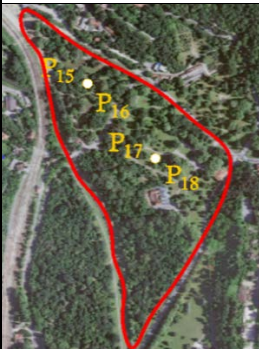
04 -Локалитет – Земун-Градски парк

Опис локалитета: Земунски парк налази се у склопу заштићене просторно-културно историјске целине *Старо језгро Земуна* и представља најстарију зелену оазу овог дела града. Парк је подигнут око 1877. године. У парку налазе се бројни споменици и скулптуре, дечије игралиште, стазе за шетњу и парковски мобилијар. У самом парку налазе се стабала који су стављени под заштиту као заштићена културна добра.

Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Централна урбанистичка зона	
	Надморска висина: 77 m	
	ГПС координате: 44°50'26"N 20°24'31"E	
	Површина парка: > 4 ha	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: P ₁₁ и P ₁₃
Слој 10-40 cm: P ₁₂ и P ₁₄		


05. -Локалитет – Топчидерски парк

Опис локалитета: Топчидерски парк један је од најстаријих паркова Београда и налази се у долини Топчидерске реке. Први пут се помиње у XVII веку у *Путнику* Елвија Челебије као познато излетиште Београда у то време. На овом простору 1831. године започета је изградња резиденције Милоша Обреновића. Поред резиденције у парку налази се и црква Светих апостола Петра и Павла, као и први расадник на подручју Србије, ресторан Милошев конак и др. Простор парка великим делом био је водоплан рит, а читав простор забарен где су расли рогоз и трска. Доласком Атанасија Николића у Србију 1839. године започиње се уређивање овог простора у парковску површину. Парк је стављен под заштиту III степена због природних, културно-историјских и предеоних вредности простора (Милановић, 2006).

Приказ локалитета и места узорковања 	Урбанистичка зона: Приградска урбанистичка зона	
	Надморска висина: 82 m	
	ГПС координате: 44°46'53"N 20°26'26"E	
	Површина парка: > 4 ha	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: P ₁₅ и P ₁₇
Слој 10-40 cm: P ₁₆ и P ₁₈		


06. -Локалитет – Парк Калемегдан

Опис локалитета: Парк Калемегдан је један од најстаријих паркова Београда, који је подигнут око Београдске тврђаве. Парк се састоји од две целине - Великог и Малог Калемегдана. Прва идеја да се подигне Парк Калемегдан на падини изван бедема Београдске тврђаве потиче од првог српског урбанисте Емилијана Јоксимића. Прва стабла посађена су 1869. године. Озеленавање Великог Калемегдана настављено је у периоду од 1873. до 1875. године. Прво композиционо решење дао је архитекта Милан Капетановић, које се задржало до 1914. године. 1928/29. овај простор добија на значају и сматра се као историјски споменик који почиње да се као такав уређује и штити (Милановић, 2006).


Приказ локалитета и места узорковања 	Урбанистичка зона: Централна урбанистичка зона	
	Надморска висина: 110 m	
	ГПС координате: 44°49'22"N 20°27'15"E	
	Површина парка: >4 ha	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: P ₁₉ и P ₂₁
Слој 10-40 cm: P ₂₀ и P ₂₂		

07. -Локалитет – Парк Мањез


Опис локалитета: Парк Мањез подигнут је на месту штала и касарни некадашњег Гардијског коњичког пука који је изграђен по пројекту инжењера Александра Крстића у оквиру Генералног плана из 1923. године, а у периоду од 1931. до 1933 (Милановић, 2006).

Приказ локалитета и места узорковања 	Урбанистичка зона: Централна урбанистичка зона	
	Надморска висина: 115 m	
	ГПС координате: 44°48'17"N 20°27'49"E	
	Површина парка: <4 ha	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: P ₂₃
Слој 10-40 cm: P ₂₄		

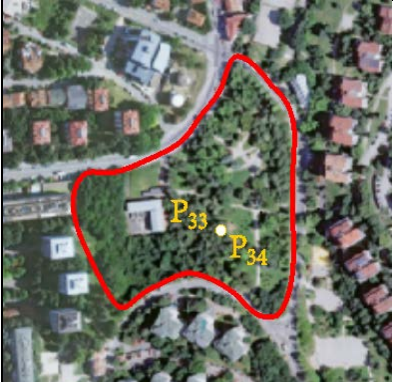
08. -Локалитет – Парк у Пожешкој улици

Опис локалитета: Парк у Пожешкој улици подигнут је на простору који је некад био у склопу шуме Кошутњак, половином XX века. Парк је оивичен зградама и Пожешком улицом.		
Приказ локалитета и места узорковања 	Урбанистичка зона: Приградска урбанистичка зона	
	Надморска висина: 137 m	
	ГПС координате: 44°46'44"N 20°25'07"E	
	Површина парка: >4 ha	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: P25 и P27
Слој 10-40 cm: P27 и P28		

09. -Локалитет – Парк Беле Воде


Опис локалитета: Парк Беле Воде налази се на општини Чукарица. Парк је уређен тако да се у њему налазе спортски терени, дечија игралишта, шеталишта и простори за пасиван одмор.		
Приказ локалитета и места узорковања 	Урбанистичка зона: Приградска урбанистичка зона	
	Надморска висина: 138 m	
	ГПС координате: 44°44'60"N 20°24'40"E	
	Површина парка: > 4 ha	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: P25 и P27
Слој 10-40 cm: P27 и P28		

10. -Локалитет – Парк Миљаковачки извори


Опис локалитета: Парк Миљаковачки извори налази се на општини Раковица у непосредној близини Миљаковачке шуме.		
Приказ локалитета и места узорковања 	Урбанистичка зона: Приградска урбанистичка зона	
	Надморска висина: 128 m	
	ГПС координате: 44°44'54"N 20°27'22"E	
	Површина парка: < 4 ha	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: P33
Слој 10-40 cm: P34		

3.7.2. Приказ истражених локалитета индустријских комплекса/зона


11. -Локалитет – 21. мај Београд

Опис локалитета: Некадашња фабрика 21. мај Београд (ДМБ) налази се у индустријској зони Београда на општини Раковица. Основана је 21. маја 1948. године и представљала је гиганта машинске индустрије у некадашњој СФР Југославији. Фабрика је прво производила моторе за домаће авионе, хеликоптере и аутомобиле домаће производње. Након увођења санкција 1992. године Србији производња у фабрици је нагло почела да опада. Фабрика је 2003. године ступила у стечај.		
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Приградска урбанистичка зона	
	Надморска висина: 91 m	
	ГПС координате: 44°44'16"N 20°26'15"E	
	Површина под инертним материјалом: > 50%	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: I ₁ Слој 10-40 cm: I ₂


12. -Локалитет – Ливница Раковица

Опис локалитета: Ливница Раковица налази се у некадашњој индустријској зони Београда (Раковици). Ливница Раковица престала је са радом 2017. године.		
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Приградска урбанистичка зона	
	Надморска висина: 90 m	
	ГПС координате: 44°44'38"N 20°26'28"E	
	Површина под инертним материјалом: > 50%	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: I ₃ Слој 10-40 cm: I ₄


13. -Локалитет – ИМП

Опис локалитета: Индустрија мотора Раковица (ИМП) основана је 1927. године као индустрија аеропланских мотора, чија се производња касније углавном бавила производњом мотора за домаће тракторе. Стечај у овом српском гиганту проглашен је 2017. Године. Фабрика је такође смештена у некадашњој индустријској зони Београда на општини Раковица.		
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Приградска урбанистичка зона	
	Надморска висина: 91 m	
	ГПС координате: 44°44"N 20°26"E	
	Површина под инертним материјалом: > 50%	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: I ₅ Слој 10-40 cm: I ₆

14. -Локалитет – Ливница Победа Београд


Опис локалитета: Ливница Победа Београд такође се налази у некадашњој индустријској зони Београда на општини Звездара. Окружена је стамбеним блоковима.		
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Приградска урбанистичка зона	
	Надморска висина: 220 m	
	ГПС координате: 44°47'05"N 20°31'10"E	
	Површина под инертним материјалом: > 50%	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: I7
	Слој 10-40 cm: I8	

15 -Локалитет – Грмеч, Земун


Опис локалитета: Грмеч је фабрика хемијских производа, основана је 1927. године у Краљевини Југославији. Фабрика је приватизована 2000. године након чега је производња угашена. И налази се на општини Земун.		
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Спољна урбанистичка зона	
	Надморска висина: 89 m	
	ГПС координате: 44°50'00"N 20°21'41"E	
	Површина под инертним материјалом: > 50%	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: I9
	Слој 10-40 cm: I10	

3.7.3. Приказ истражених локалитета земљишта уз саобраћајна чворишта


16. -Локалитет – Саобраћајно чвориште: E75 и E70

Опис локалитета: Са леве стране саобраћајног чворишта налазе се насеља Нови град, Бачки Илок, Сутјеска, Саве Ковачевића, Нова Галеника, Горњи град, Алтина, Плави хоризонти, Земун поље, Батајница, Бановци, Нова Пазова и други. Такође ово чвориште са десне стране води правац ка Аутопуту за Нови Сад. Са десне стране саобраћајног чворишта налазе се насеља Бежанијска коса, Ледине, Сурчин и села као што су Јаково, Бечмен, Петровчић и друга.		
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Спољна урбанистичка зона	
	Надморска висина: 85 m	
	ГПС координате: 44°49'56"N 20°21'48"E	
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда	
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: S1, S3, S4 и S6
	Слој 10-40 cm: S2, S4, S6 и S8	


17. -Локалитет – Саобраћајно чвориште: Е75 и улица Омладинских бригада

Опис локалитета: Са леве стране саобраћајног чворишта налазе се новобеоградски блокови 38, 39, 40, 41, 66, 67, 70 и десна обала реке Саве. Са десне стране саобраћајног чворишта налазе се новобеоградски блокови 33, 32, 31, 11, 10, 9, 8, 7, као и са насељима која припадају општини Земун и левом обалом Дунава.	
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Централна урбанистичка зона
	Надморска висина: 75 m
	ГПСкоординате: 44°49'06"N 20°24'28"E
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака
	Слој 0-10 cm: S9, S11, S13 и S15
	Слој 10-40 cm: S10, S12, S14 и S16

18. -Локалитет – Саобраћајно чвориште: Е75 и улица Милентија Поповића


Опис локалитета: Са леве стране налазе се блокови 19А, 23, 43 и 68 као и десна обала реке Саве. Такође, ово чвориште спаја Аутопут са једном од прометнијих улица Новог Београда, Јурије Гагарина која се протеже све до блока 44 и 45 и даље се спаја са насељима Бежанијска коса, Ледине и Сурчин. Значај овог чворишта је и у томе што са десне стране спаја Аутопут Е75 са Булеваром Михајла Пупина, Бранков мост и Булеваром Никола Тесла. Уз само чвориште са десне стране налазе се блокови 19, 22, 20 и 21.	
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Централна урбанистичка зона
	Надморска висина: 78 m
	ГПС координате: 44°48'31"N 20°25'44"E
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака
	Слој 0-10 cm: S17, S19, S21 и S23
	Слој 10-40 cm: S18, S20, S22 и S24

19. -Локалитет – Саобраћајно чвориште: Е75 и Булевар Ослобођења

Опис локалитета: Са леве стране налазе се насеља Аутокоманда, Душановац, Дедиње, Бањица, Миљаковац, Јајинци и др. Десна страна овог чворишта повезује Аутопут Е75 са насељима Неимар, Црвени крст, Врачар и друга. Треба истаћи да овај чвор директно води на кружни ток Славију који даље саобраћај усмерава ка самом центру града и Панчевачком мосту (Е70).	
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Централна урбанистичка зона
	Надморска висина: 94 m
	ГПС координате: 44°47'29"N 20°28'01"E
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака
	Слој 0-10 cm: S25, S27, S29 и S31
	Слој 10-40 cm: S26, S28, S30 и S32

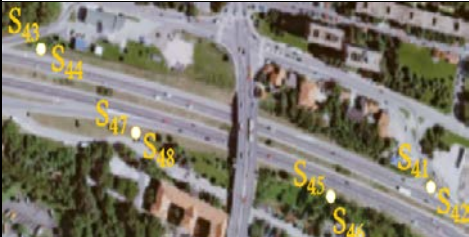
20. - Локалитет – Саобраћајно чвориште: E75 и улица Мишка Јовановића

Опис локалитета: Са леве стране налазе се насеља Вождовац, Браће Јерковић и ново насеље Степа Степановић и представља саобраћајницу која спаја ова насеља са центром града. Ово чвориште раздваја насеље Душановац које се са десне стране наставља на Црвени крст и Врачар.:

Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Приградска урбанистичка зона	
	Надморска висина: 100 m	
	ГПС координате: 44°47'03"N 20°28'54"E	
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда	
Ознака узорака	Слој 0-10 cm: S33, S35, S37 и S39	
	Слој 10-40 cm: S34, S36, S38 и S40	


21. -Локалитет – Саобраћајно чвориште: E75 и улица Војислава Илића

Опис локалитета: Са леве стране налазе насеља Маринкова бара, Медаковић, Браће Јерковић, Велики мокри луг и друга. Са десне стране налазе се насеља Коњарник, Денкова Башта, Миријево, Мали мокри луг, Калуђерица и друга.


Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Приградска урбанистичка зона	
	Надморска висина: 137m	
	ГПС координате: 44°47"N 20°30"E	
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда	
Ознака узорака	Слој 0-10 cm: S41, S43, S45 и S47	
	Слој 10-40 cm: S42, S44, S46 и S48	

22. -Локалитет – Саобраћајно чвориште: E75 и Булевар Деспота Стефана

Опис локалитета: Са леве стране Булевар Деспота Стефана спаја ово чвориште са центром града, као и саобраћајни правац Рузвелтова и Мије Ковачевића. Са десне стране налазе се насеља Карабурма, Вишњичка бања и села Сланци и Велико село.


Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Централна урбанистичка зона	
	Надморска висина: 96 m	
	ГПС координате: 44°49'05"N 20°29'24"E	
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда	
Ознака узорака	Слој 0-10 cm: S49, S51, S53 и S55	
	Слој 10-40 cm: S50, S52, S54 и S56	

23. -Локалитет – Саобраћајно чвориште: E75 и E70 (улица Панчевачки пут)

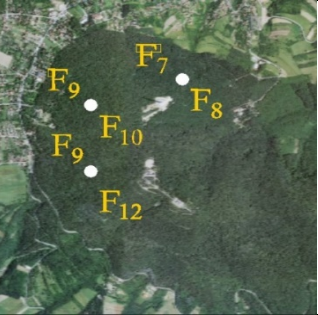
Опис локалитета: Са леве стране налазе се насеља Крњача, Котеж, Борча и Овча и Зрењанински пут. Са десне стране налази се десна обала Дунава и наставља се правац ка Панчеву.	
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Спољна урбанистичка зона
	Надморска висина: 72 m
	ГПС координате: 44°30'15"N 20°29'40"E
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака

3.7.4. Приказ истражених локалитета урбаних шума

24. -Локалитет – Степин луг

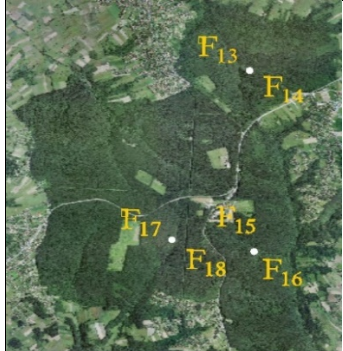
Опис локалитета: Шума Степин луг или Степин гај (Титов гај) налази се на територијама општина Звездара и Вождовац и 13km је удаљена од центра Београда. Представља меморијални комплекс. Шума је састављена од лишћарских и четинарских алохтоних и аутохтоних врста дрвећа.	
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Спољна урбанистичка зона
	Надморска висина: 236 m
	ГПС координате: 44°43'42"N 20°31'35"E
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака

25. -Локалитет – Авала

Опис локалитета: Авала налази се на територији Београда. Природно добро <i>Авала</i> стављено је под заштиту, као предео изузетних одлика, ради очувања и унапређења примарних предеоних вредности и пејзажних обележја, разноврсности облика и појава геонаслеђа, богатства животињског и биљног света и станишта, квалитета вода, земљишта и шума, неговања традиционалних и историјских вредности, као и стварања услова за одрживи развој рекреативних и туристичких садржаја и контролисане пољопривреде, односно планско уређење и коришћење простора („Сл. лист града Београда“, бр. 43/07).	
Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Рубна урбанистичка зона
	Надморска висина: 461 m
	ГПС координате: 44°41'35"N 20°30'50"E
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда
	Ознака узорака

26. -Локалитет – Липовачка шума

Опис локалитета: Липовачка шума - категорисана је као споменик природе решењем о проглашењу заштићеног подручја („Сл. лист града Београда“, бр. 57/13) и сврстана је у III категорију, као заштићено подручје локалног значаја, односно подручје значајно за град Београд. Липовачка шума статус заштићеног подручја добила је због значајних просторних функција, положаја и очуваности вегетационе и хидролошке структуре, биоеколошких вредности комплекса под шумом, очувања станишта разноврсне флоре и фауне, очувања визуелног контраста простора, као и стварања услова за одрживи развој рекреативних, туристичких, културних и научно–истраживачких садржаја, односно планског уређења и коришћења простора.

Приказ локалитета и места узорковања	Урбанистичка зона: Рубна урбанистичка зона	
	Надморска висина: 235 m	
	ГПС координате: 44°38'23"N 20°23'59"E	
	За приказ локалитета коришћен је ортофото (orthophoto) снимак Урбанистичког завода Београда	
	Ознака узорака	Слој 0-10 cm: F13, F15 и F17
	Слој 10-40 cm: F14, F16 и F18	

4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У циљу сагледавања физичких и хемијских карактеристика земљишта Београда, концентрација, степена загађења и порекла тешких метала на издвојеним локалитетима (у односу на степен урбанизације града и у различитим типовима коришћења земљишта) обављене су детаљне педолошке анализе.

4.1. Физичке и хемијске карактеристике и концентрације тешких метала у земљиштима различитих урбанистичких зона града

4.1.1. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима централне урбанистичке зоне града

Одређивање физичких и хемијских карактеристика и садржаја тешких метала у земљиштима централне урбанистичке зоне града извршено је лабораторијским испитивањем земљишта узрокованог на терену са 10 локалитета, где је узорковано укупно 52 узорака. 20 узорака је узорковано у парковима, а 32 уз саобраћајна чворишта. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта централне урбанистичке зоне града представљени су у Табели 3. и Табели 4. а аналитичке вредности укупних концентрација тешких метала у Табели 5.

Присуство фракција земљишта и хигроскопне воде, као и текстурних класа у земљиштима (површинских и доњих слојева) централне урбанистичке зоне града представљени су у Табели 3. Земљишта централне урбанистичке зоне града према гранулометријском саставу претежно припадају текстурним класама иловача и глиновитим иловачама, док знатно мање класама песковитих иловача, праховитих иловача и глинушама. У земљиштима узорака P₃, P₄, P₂₁, S₁₁, S₁₃, S₂₇ измерено је процентуално присуство фракције крупног песка у распону од 17,80-28,70 %, док је у земљиштима свих осталих узорака централне урбанистичке зоне његово присуство било знатно ниже (0,80-13,20 %). Најниже процентуално присуство фракције ситног песка у земљиштима ове урбанистичке зоне измерено је у земљишту узорка S₁₆ (8,00 %), а највише у земљишту узорка P₄ (50,80 %). Процентуално присуство фракције грубог праха у земљиштима централне урбанистичке зоне кретало се у распону од 5,40-21,50 %, фракције финог праха 1 од 8,50-23,85 %, а фракција финог праха 2 у највишем проценту измерена је у земљишту узорка P₁₃ (23,10 %), док се у земљиштима осталих узорака ове урбанистичке зоне његово процентуално присуство кретало у распону од 4,20-13,60 %.

Према рН вредности земљишта централне урбанистичке зоне припадају слабо алкалној (7,96-8,48), умерено алкалној и јако алкалној класи (8,51-8,98). Изузетак су земљишта узорака S₂₃, S₂₄ и S₂₈ чија се рН вредност кретала у распону од 9,12-9,25, што их сврстава у класу веома алкалних земљишта. Земљишта централне урбанистичке зоне према процентуалном присуству CaCO₃ припадају класама слабо до карбонатних земљишта с обзиром да се његово процентуално присуство кретало у распону од 1,31-13,21 %. Изузетак су земљишта узорака P₂, P₃, P₄, P₁₉, P₂₀, P₂₁, P₂₂ и P₅₁ који припадају класи веома карбонатних земљишта с обзиром да се процентуално присуство CaCO₃ у њима кретало у распону од 16,59-34,89 %. Процентуално присуство хумуса у земљиштима централне урбанистичке зоне по правилу опада са дубином земљишта и кретало се у распону од 1,34-8,35 %, тако да су ова земљишта слабо до јако хумусна. Процентуално присуство ТС овде прати вредности процентуалног присуства хумуса тако да оно опада са дубином и креће се у распону од 1,08-4,84 %, као и ОС (0,12-4,20 %).

Табела 3. Физичке карактеристике земљишта централне урбанистичке зоне града

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
1	P ₁	Београдска тврђава - Доњи град 1	0-10	2,51	5,10	29,00	13,50	22,80	8,70	20,90	Иловача
	P ₂		10-40	1,87	11,20	37,10	12,10	17,10	7,00	15,50	Иловача
	P ₃	Београдска тврђава - Доњи град 2	0-10	1,66	19,70	43,50	9,00	12,10	9,60	6,10	Песковита иловача
	P ₄		10-40	1,18	17,80	50,80	7,70	9,20	7,00	7,50	Песковита иловача
2	P ₅	Парк у Панчићевој улици	0-10	2,84	4,40	30,50	14,10	18,00	9,00	24,00	Иловача
	P ₆		10-40	2,33	7,80	34,50	13,60	16,10	8,00	20,00	Иловача
3	P ₇	Парк Пријатељства 1	0-10	3,33	5,60	27,70	10,50	19,10	9,10	28,00	Глиновита иловача
	P ₈		10-40	3,40	2,90	27,20	12,90	19,20	6,90	30,90	Глиновита иловача
	P ₉	Парк Пријатељства 2	0-10	2,66	7,60	26,30	21,30	21,30	11,00	18,30	Иловача
	P ₁₀		10-40	2,40	4,70	17,90	21,50	21,50	10,10	26,30	Праховита иловача
4	P ₁₁	Земун-Градски парк 1	0-10	3,00	2,50	23,10	16,20	20,50	12,60	25,10	Иловача
	P ₁₂		10-40	2,80	5,50	20,60	17,80	19,40	10,90	25,80	Иловача
	P ₁₃	Земун-Градски парк 2	0-10	2,04	2,20	24,40	12,60	12,80	23,10	24,90	Иловача
	P ₁₄		10-40	1,90	1,60	23,60	11,60	23,85	12,40	27,00	Глиновита иловача
6	P ₁₉	Парк Калемегдан 1	0-10	2,89	5,40	30,50	11,60	22,90	9,90	19,70	Иловача
	P ₂₀		10-40	2,84	8,10	26,60	14,20	18,70	12,60	19,80	Иловача
	P ₂₁	Парк Калемегдан 2	0-10	2,24	17,80	26,40	11,50	17,00	10,60	16,70	Иловача
	P ₂₂		10-40	2,37	8,80	28,90	13,30	18,10	10,70	20,20	Иловача
7	P ₂₃	Парк Мањеж	0-10	3,14	2,60	22,40	18,20	23,00	8,60	25,20	Иловача
	P ₂₄		10-40	2,94	2,30	18,90	17,30	21,10	13,60	26,80	Праховита иловача
17	S ₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада десна страна пре чвора	0-10	3,14	4,30	21,80	13,40	17,30	9,00	34,20	Глиновита иловача
	S ₁₀		10-40	3,58	2,50	15,00	9,10	18,20	11,30	43,90	Глинуша
	S ₁₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада десна страна после чвора	0-10	1,73	18,30	37,80	8,50	9,80	6,60	19,00	Песковита иловача
	S ₁₂		10-40	3,16	6,10	20,40	6,60	16,40	10,90	39,60	Глиновита иловача
	S ₁₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада лева страна пре чвора	0-10	0,93	28,70	44,90	6,10	8,50	4,20	7,60	Песковита иловача
	S ₁₄		10-40	1,67	13,20	42,30	5,40	11,50	8,00	19,60	Песковита иловача
	S ₁₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада лева страна после чвора	0-10	5,10	1,80	11,20	10,00	19,70	12,20	45,10	Праховита иловача
	S ₁₆		10-40	5,52	0,80	8,00	8,40	18,00	11,80	53,00	Глинуша
18	S ₁₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића десна страна пре чвора	0-10	2,14	7,80	37,90	11,50	14,40	7,80	20,60	Иловача
	S ₁₈		10-40	2,30	4,20	23,60	9,30	14,30	10,10	38,50	Глиновита иловача
	S ₁₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића десна страна после чвора	0-10	2,51	10,90	22,90	7,90	19,20	11,50	27,60	Глиновита иловача
	S ₂₀		10-40	2,44	6,40	33,10	8,30	12,90	8,30	31,00	Глиновита иловача
	S ₂₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића лева страна пре чвора	0-10	1,79	6,60	39,10	8,70	15,90	7,00	22,70	Иловача
	S ₂₂		10-40	1,45	12,70	36,40	10,80	12,60	5,10	22,40	Иловача
	S ₂₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића лева страна после чвора	0-10	2,36	6,70	32,90	8,60	12,00	8,70	31,10	Глиновита иловача
	S ₂₄		10-40	3,16	3,60	21,20	5,90	14,10	10,70	44,50	Глинуша

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
19	S ₂₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења десна страна пре чвора	0-10	2,07	4,70	22,00	21,20	21,40	8,40	22,30	Праховита иловача
	S ₂₆	Ослобођења десна страна пре чвора	10-40	2,35	2,20	18,00	20,80	19,30	8,10	31,60	Глиновита иловача
	S ₂₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења десна страна после чвора	0-10	1,29	19,60	32,10	14,30	10,60	6,60	16,80	Иловача
	S ₂₈	Ослобођења десна страна после чвора	10-40	1,65	11,60	24,40	15,30	17,60	6,50	24,60	Иловача
	S ₂₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења лева страна пре чвора	0-10	2,74	0,80	21,40	14,20	23,70	9,60	30,30	Глиновита иловача
	S ₃₀	Ослобођења лева страна пре чвора	10-40	2,37	7,20	24,90	13,10	18,30	10,50	26,00	Иловача
	S ₃₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења лева страна после чвора	0-10	2,21	5,50	27,00	16,00	19,80	8,50	23,20	Иловача
S ₃₂	Ослобођења лева страна после чвора	10-40	2,06	8,80	23,10	17,50	18,90	7,80	23,90	Иловача	
22	S ₄₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е70 и Булевар Деспота Стефана десна страна пре чвора	0-10	2,49	1,90	23,30	17,10	20,00	10,20	27,50	Глиновита иловача
	S ₅₀	Деспота Стефана десна страна пре чвора	10-40	2,44	3,90	21,00	19,80	19,70	8,30	27,30	Глиновита иловача
	S ₅₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е70 и Булевар Деспота Стефана десна страна после чвора	0-10	1,54	2,70	31,30	16,20	19,50	8,80	21,50	Иловача
	S ₅₂	Деспота Стефана десна страна после чвора	10-40	1,28	5,90	40,90	14,10	13,80	7,10	18,20	Иловача
	S ₅₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е70 и Булевар Деспота Стефана лева страна пре чвора	0-10	1,62	11,50	48,00	8,00	12,80	7,20	12,50	Песковита иловача
	S ₅₄	Деспота Стефана лева страна пре чвора	10-40	1,84	9,60	35,40	12,44	14,76	8,80	19,00	Иловача
	S ₅₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е70 и Булевар Деспота Стефана лева страна после чвора	0-10	1,76	9,40	28,80	16,70	16,80	9,00	19,30	Иловача
S ₅₆	Деспота Стефана лева страна после чвора	10-40	1,72	10,90	29,30	15,30	16,90	8,20	19,40	Иловача	

Процентуално присуство TN као и процентуално присуство хумуса, опада са дубином земљишта, а креће се у распону од 0,00-0,31 % што земљишта централне урбанистичке зоне сврстава у класе сиромашних до богатих азотом. Однос C/N указује да се у земљиштима ове урбанистичке зоне одвијају повољни услови за микробиолошку активност с обзиром да се овај однос креће у распону од 8,75-19,88. Изузетак су земљишта узорака S₁₃, S₁₄, S₂₇, S₂₈ и S₃₂ (22,02-29,93) у којима је овај однос виши од 20 што указује да се њима одвија успорена разградња органске материје.

Присуство лако приступачног облика P у земљиштима централне урбанистичке зоне је веома варијабилно и креће се у веома широком распону (0,00-658,10 mg/100g). Присуство P у земљиштима централне урбанистичке зоне по правилу опада са њиховом дубином, изузев између површинског узорка P₁₁ и доњег узорка P₁₂, као и површинског P₁₉ и доњег P₂₀, где P расте са дубином земљишта за 8,08 mg/100g, односно за 99,36 mg/100g, као и између површинског узорка P₂₁ и доњег P₂₂ и то за 134,24 mg/100g. Такође, измерено је да концентрација P расте са дубином земљишта између површинског узорка P₄₉ и доњег P₅₀ за 1,81 mg/100g. Присуство лако приступачног облика K такође је варијабилно, мада се креће у нешто ужем распону (9,30-129,08 mg/100g) у односу на P. Измерене концентрације K по правилу опада са дубином земљишта изузев у земљиштима узорака P₁₉ (површински узорак) и P₂₀ (доњи узорак) и P₁₁ (површински узорак) и P₁₂ (доњи узорак) где расте за 30,29 mg/100g, односно 2,32 mg/100g.

У земљиштима ове урбанистичке зоне града измерено је да су укупне концентрације Zn у земљиштима узорака P₆, P₆, S₉, S₁₁, S₁₃, S₁₅, S₁₇, S₁₈, S₂₃, S₂₅, S₂₇, S₃₁, S₅₃ и S₅₄ више од његове ГМВ (140 mg/kg), док су земљишта узорака P₄, P₇, P₈, P₉, P₁₀, S₂₂, S₅₁ и S₅₂ имале ниже концентрације Zn од његове референтне вредности (68,14 mg/kg). Такође и измерене концентрације Cu претежно су више од његове референтне вредности (31,8 mg/kg) и ГМВ (36 mg/kg). Значајно је истаћи да је у земљишту узорка S₁₅ измерена концентрација Cu (422,42 mg/kg) која је знатно виша и од његове ремедијационе вредности (190 mg/kg). У земљиштима централне урбанистичке зоне концентрације Cd које су више од његових референтних вредности (0,86 mg/kg) и ГМВ (0,8 mg/kg) присутне су само на локалитетима уз саобраћајна чворишта. Ове повишене концентрације Cd кретале су се у распону од 0,81 - 2,77 mg/kg. У земљиштима ове урбанистичке зоне града у знатном броју узорака измерене су више концентрације Pb од његове референтне (54,92 mg/kg) и ГМВ (85 mg/kg). Измерене концентрације Pb између узорака P₁₉ (површински слој) и P₂₀ (доњи слој) расте са дубином земљишта за 786,85 mg/kg, при чему је у доњем слоју измерена његова концентрација која је значајно виша од његове ремедијационе вредности (530 mg/kg) и износила је 898,133 mg/kg. Такође у земљишту узорка S₅₅ измерена је концентрација Pb (1.308,38 mg/kg) чија је вредност значајно била виша од његове ремедијационе вредности. Концентрације Cr у истраженим земљиштима централне урбанистичке зоне града у знатном броју узорака имају више вредности од његове референтне вредности (52,4 mg/kg), док само земљиште узорка S₉ (121,58 mg/kg) има вишу концентрацију Cr од његове ГМВ (100 mg/kg). Све измерене концентрације Ni у земљиштима ове зоне више су од његове ГМВ (35 mg/kg), изузев концентрација које су измерене у земљиштима узорака P₉ и S₅₉ (31,57 и 32,57 mg/kg). Такође, утврђено је да мањи број узорака има вишу концентрацију Ni од његове референтне вредности (52 mg/kg).

Табела 4. Хемијске карактеристике земљишта централне урбанистичке зоне града

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	TC (%)	OC (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
				mg/100g														
1	P ₁	Београдска тврђава - Доњи град 1	0-10	8,15	7,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,39	3,28	1,90	0,42	0,22	8,65	76,22	61,60
	P ₂		10-40	8,36	7,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,19	2,53	1,47	0,00	0,16	9,16	60,07	57,60
	P ₃	Београдска тврђава - Доњи град 2	0-10	8,19	7,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,97	4,83	2,80	0,00	0,31	9,03	69,07	69,50
	P ₄		10-40	8,73	7,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,89	2,52	1,46	0,00	0,15	9,75	51,04	57,60
2	P ₅	Парк у Панчићевој улици	0-10	8,23	7,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,10	3,69	2,14	1,05	0,20	10,71	123,48	73,50
	P ₆		10-40	8,24	7,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,08	3,34	1,94	0,49	0,17	11,39	110,40	69,50
3	P ₇	Парк Пријатељства 1	0-10	8,01	7,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,88	3,93	2,28	1,70	0,23	9,92	9,95	19,40
	P ₈		10-40	8,04	7,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,92	3,18	1,84	1,49	0,19	9,70	4,14	18,44
	P ₉	Парк Пријатељства 2	0-10	7,96	7,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,19	5,80	3,36	2,62	0,29	11,60	0,52	45,00
	P ₁₀		10-40	8,18	7,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,97	3,16	1,83	0,76	0,18	10,18	0,00	19,70
4	P ₁₁	Земун-Градски парк 1	0-10	8,04	7,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,33	4,20	2,44	1,56	0,28	8,70	244,21	38,44
	P ₁₂		10-40	8,11	7,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,33	3,30	1,91	0,55	0,21	9,11	252,29	31,08
	P ₁₃	Земун-Градски парк 2	0-10	7,88	7,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,29	4,36	2,53	1,30	0,19	13,32	78,00	45,00
	P ₁₄		10-40	7,65	6,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,26	2,89	1,67	0,32	0,13	12,87	66,00	26,44
6	P ₁₉	Парк Калемегдан 1	0-10	8,02	7,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,59	3,84	2,23	0,24	0,21	10,60	558,74	98,79
	P ₂₀		10-40	8,22	7,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,20	3,25	1,89	0,00	0,18	10,48	658,10	129,08
	P ₂₁	Парк Калемегдан 2	0-10	8,22	7,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,41	3,93	2,28	0,00	0,24	9,50	131,69	39,30
	P ₂₂		10-40	8,04	7,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,07	2,41	1,40	0,00	0,16	8,75	265,93	29,78
7	P ₂₃	Парк Мањеж	0-10	7,58	7,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,96	3,71	2,15	1,08	0,24	8,97	36,91	21,13
	P ₂₄		10-40	8,16	7,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,83	2,59	1,50	0,08	0,15	10,03	25,37	17,23
17	S ₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада десна страна пре чвора	0-10	8,33	7,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,73	5,80	3,36	3,03	0,24	14,01	4,13	18,10
	S ₁₀		10-40	8,48	7,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	3,86	2,24	1,96	0,15	14,94	3,20	13,01
	S ₁₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада десна страна после чвора	0-10	8,63	7,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,46	6,51	3,78	3,12	0,19	19,88	7,64	12,54
	S ₁₂		10-40	8,95	7,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,96	3,51	2,03	1,56	0,14	14,53	3,08	14,86
	S ₁₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада лева страна пре чвора	0-10	8,47	7,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,38	8,35	4,84	4,20	0,22	22,02	12,01	12,54
	S ₁₄		10-40	8,43	7,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,58	4,31	2,50	1,71	0,11	22,71	7,98	9,30
	S ₁₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада лева страна после чвора	0-10	8,38	7,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	4,59	2,66	2,42	0,25	10,65	8,25	18,05
	S ₁₆		10-40	8,26	7,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,71	3,20	1,86	1,65	0,20	9,28	2,50	16,07
18	S ₁₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића десна страна пре чвора	0-10	8,71	7,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,17	6,76	3,92	3,30	0,22	17,82	7,77	11,62
	S ₁₈		10-40	8,61	7,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,18	3,47	2,01	1,39	0,12	16,76	2,18	10,23
	S ₁₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића десна страна после чвора	0-10	8,53	7,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,55	5,63	3,27	2,84	0,21	15,56	13,87	28,92
	S ₂₀		10-40	8,22	7,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,56	3,41	1,98	1,67	0,13	15,24	4,62	18,10
	S ₂₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића лева страна пре чвора	0-10	8,39	7,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	3,75	2,17	2,02	0,15	14,49	9,03	36,71
	S ₂₂		10-40	8,52	7,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53	2,22	1,29	0,99	0,10	12,89	4,47	12,91
	S ₂₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића лева страна после чвора	0-10	9,12	7,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,04	3,22	1,87	1,50	0,12	15,55	21,62	14,64
	S ₂₄		10-40	9,14	7,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	2,70	1,56	1,21	0,10	15,64	1,97	13,77

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0.1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	TC (%)	OC (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
19	S ₂₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут E75 и Булевар Ослобођења десна страна пре чвора	0-10	8,55	7,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,45	5,64	3,27	2,98	0,27	12,11	20,68	38,44
	S ₂₆	Ослобођења десна страна пре чвора	10-40	8,36	7,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,69	2,82	1,64	1,43	0,10	16,37	8,08	19,83
	S ₂₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут E75 и Булевар Ослобођења десна страна после чвора	0-10	8,77	7,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,34	3,88	2,25	1,61	0,09	25,00	22,78	31,08
	S ₂₈	Ослобођења десна страна после чвора	10-40	9,25	7,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,66	2,00	1,16	0,12	0,05	23,15	13,70	25,89
	S ₂₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут E75 и Булевар Ослобођења лева страна пре чвора	0-10	8,20	7,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	4,23	2,45	2,29	0,18	13,62	15,14	51,56
	S ₃₀	Ослобођења лева страна пре чвора	10-40	8,23	7,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,92	2,81	1,63	0,92	0,11	14,80	9,92	28,48
	S ₃₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут E75 и Булевар Ослобођења лева страна после чвора	0-10	8,35	7,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,32	3,77	2,19	1,67	0,13	16,83	15,98	31,51
	S ₃₂	Ослобођења лева страна после чвора	10-40	8,29	7,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	2,06	1,20	0,67	0,04	29,93	7,91	19,83
22	S ₄₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут E70 и Булевар Деспота Стефана десна страна пре чвора	0-10	8,29	7,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	2,19	1,27	0,84	0,12	10,58	19,91	28,71
	S ₅₀	Деспота Стефана десна страна пре чвора	10-40	8,36	7,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,62	1,86	1,08	0,53	0,11	9,82	21,72	21,33
	S ₅₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут E70 и Булевар Деспота Стефана десна страна после чвора	0-10	8,40	7,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,10	1,34	0,77	0,00	0,00	0,00	46,33	12,00
	S ₅₂	Деспота Стефана десна страна после чвора	10-40	8,54	7,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,21	1,42	0,82	0,00	0,00	0,00	23,15	10,06
	S ₅₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут E70 и Булевар Деспота Стефана лева страна пре чвора	0-10	8,98	7,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,32	6,39	3,71	2,59	0,27	13,73	38,62	29,88
	S ₅₄	Деспота Стефана лева страна пре чвора	10-40	8,66	7,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,60	4,47	2,59	1,32	0,20	12,97	29,58	29,10
	S ₅₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут E70 и Булевар Деспота Стефана лева страна после чвора	0-10	8,30	7,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,71	3,11	1,80	0,28	0,17	10,60	108,88	42,32
	S ₅₆	Деспота Стефана лева страна после чвора	10-40	8,51	7,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	3,14	1,82	0,26	0,16	11,37	60,00	28,32

Табела 5. Укупна концентрација тешких метала у земљиштима централне урбанистичке зоне града

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
1	P ₁	Београдска тврђава - Доњи град 1	0-10	126,6131	50,6052	<blank	63,8734	38,5308	45,0965
	P ₂		10-40	90,1569	36,2400	0,1866	50,5648	30,5788	45,8365
	P ₃	Београдска тврђава - Доњи град 2	0-10	88,1921	50,8205	0,0033	67,4416	50,7738	52,6751
	P ₄		10-40	51,1880	22,5355	0,3170	39,8118	40,6894	47,3870
2	P ₅	Панчићев парк	0-10	145,4872	64,1575	0,1964	64,5970	64,5870	51,7329
	P ₆		10-40	152,6491	59,3835	0,5631	74,2619	55,0317	49,7934
3	P ₇	Парк пријатељства 1	0-10	64,6051	30,5731	0,0666	26,0413	52,3692	54,4019
	P ₈		10-40	61,5102	29,0066	0,0367	24,6521	49,6079	46,4013
	P ₉	Парк пријатељства 2	0-10	59,7508	13,9106	0,1499	29,8204	16,6561	31,5697
	P ₁₀		10-40	66,4189	21,4531	<blank	17,1138	35,1008	42,3663
4	P ₁₁	Земун-Градски парк 1	0-10	92,8236	60,9831	0,1834	62,5404	45,9132	66,2654
	P ₁₂		10-40	82,4206	69,5677	0,3500	39,8120	48,5350	62,4913
	P ₁₃	Земун-Градски парк 2	0-10	91,2252	49,1282	0,4492	45,5444	49,5574	67,7825
	P ₁₄		10-40	82,7178	42,3248	0,4371	35,9991	53,7517	71,7012
6	P ₁₉	Парк Калемегдан 1	0-10	109,1073	72,8949	0,4167	111,2774	44,8363	48,1065
	P ₂₀		10-40	112,3667	78,5600	0,4733	898,1333	44,6667	49,2833
	P ₂₁	Парк Калемегдан 2	0-10	115,5193	69,2715	0,7001	88,8948	47,4512	51,7386
	P ₂₂		10-40	83,8766	49,5056	0,4628	143,9758	46,3961	45,2475
7	P ₂₃	Парк Мањеж	0-10	94,9085	40,6055	0,4168	34,6671	50,7486	45,5403
	P ₂₄		10-40	98,7000	37,4900	0,4667	35,6000	41,6000	50,6233
17	S ₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада десна страна пре чвора	0-10	209,4108	67,6886	1,3596	195,8378	121,5842	85,5439
	S ₁₀		10-40	119,4413	52,3902	0,7100	98,7199	86,0524	91,5494
	S ₁₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада десна страна после чвора	0-10	227,9169	75,9045	2,2308	388,6758	91,6503	76,4480
	S ₁₂		10-40	129,4803	66,3291	1,0926	156,2858	98,9973	92,8181
	S ₁₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада лева страна пре чвора	0-10	202,3976	67,9121	2,2111	231,0356	49,9767	42,2711
	S ₁₄		10-40	133,6444	56,2640	1,2531	127,4688	76,6439	65,7990
	S ₁₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омаладинских бригада лева страна после чвора	0-10	224,4068	422,4207	1,0764	134,3742	96,5243	96,7475
	S ₁₆		10-40	113,9283	55,7264	0,6322	56,8177	91,1293	108,8807
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52,00
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
18	S ₁₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића десна страна пре чвора	0-10	339,8566	104,8075	2,7738	356,6594	81,4002	66,3611
	S ₁₈	Милентија Поповића десна страна пре чвора	10-40	176,0648	55,5722	1,0098	121,1524	83,1900	84,7597
	S ₁₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића десна страна после чвора	0-10	137,1288	52,7649	0,7033	56,0381	87,2571	67,6011
	S ₂₀	Милентија Поповића десна страна после чвора	10-40	81,1667	31,8667	0,8067	59,5367	59,9300	57,5433
	S ₂₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића лева страна пре чвора	0-10	81,8509	31,6493	0,7065	29,2298	54,3773	40,8738
	S ₂₂	Милентија Поповића лева страна пре чвора	10-40	55,1845	21,7078	0,7399	25,0542	62,8804	45,8887
	S ₂₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Милентија Поповића лева страна после чвора	0-10	147,4733	51,5740	1,5524	161,9574	73,6567	65,8650
	S ₂₄	Милентија Поповића лева страна после чвора	10-40	112,8012	50,4926	1,2116	107,3259	84,8456	89,2191
19	S ₂₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења десна страна пре чвора	0-10	160,9268	56,6561	1,0902	154,3691	98,0363	51,0918
	S ₂₆	Ослобођења десна страна пре чвора	10-40	124,1421	37,6524	0,8163	63,0906	52,5155	48,5540
	S ₂₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења десна страна после чвора	0-10	228,9530	60,8366	1,4653	232,0834	98,1218	47,8986
	S ₂₈	Ослобођења десна страна после чвора	10-40	95,0380	55,8257	0,9070	135,1407	60,0340	50,3668
	S ₂₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења лева страна пре чвора	0-10	116,8628	39,2987	1,0300	32,3556	54,1649	44,1452
	S ₃₀	Ослобођења лева страна пре чвора	10-40	73,3558	30,6957	0,7630	29,4196	75,4548	44,0228
	S ₃₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења лева страна после чвора	0-10	171,2390	50,2483	1,2367	93,4398	68,1489	52,5918
	S ₃₂	Ослобођења лева страна после чвора	10-40	110,0043	36,7958	1,1927	50,1449	75,0575	52,2137
22	S ₄₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е70 и Булевар Деспота Стефана десна страна пре чвора	0-10	82,8201	24,1618	0,2733	19,7461	45,1143	52,7295
	S ₅₀	Деспота Стефана десна страна пре чвора	10-40	74,2142	26,8358	0,1333	21,5959	49,5983	52,0183
	S ₅₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е70 и Булевар Деспота Стефана десна страна после чвора	0-10	54,9468	19,3775	0,2166	14,0325	24,6559	41,7875
	S ₅₂	Деспота Стефана десна страна после чвора	10-40	47,2563	16,3655	0,3567	15,9621	28,0604	32,5743
	S ₅₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е70 и Булевар Деспота Стефана лева страна пре чвора	0-10	192,6973	49,6137	1,5751	348,0852	56,3370	59,9134
	S ₅₄	Деспота Стефана лева страна пре чвора	10-40	151,0446	44,0205	1,3129	191,7297	77,4949	60,4712
	S ₅₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е70 и Булевар Деспота Стефана лева страна после чвора	0-10	102,7826	34,9307	0,3866	1.308,3844	55,7718	55,6818
	S ₅₆	Деспота Стефана лева страна после чвора	10-40	105,8270	36,0995	0,4236	52,3098	66,6856	58,4470
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52,00
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

4.1.2. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима приградске урбанистичке зоне града

Одређивање физичких и хемијских карактеристика и концентрација тешких метала земљишта приградске урбанистичке зоне града извршено је лабораторијским испитивањем земљишта узрокованог на терену са 11 локалитета, где је узорковано укупно 46 узорака. Парковима припада 4 локалитета (14 узорака), индустријским комплексима/зонама 4 (8 узорака) и 3 локалитета земљиштима уз саобраћајна чворишта (24 узорка). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта приградске урбанистичке зоне града представљени су у Табели 6. и Табели 7., а аналитичке вредности укупних концентрација тешких метала у Табели 8.

У земљиштима приградске урбанистичке зоне фракција грубог песка измерена је у распону од 0,00-23,80 %, при чему највише процентуално присуство ове фракције измерено је у земљиштима узорака I₂, I₃, I₄, S₅ и S₆ (20,60-23,80 %). Процентуално присуство фракције финог песка кретала у ширем распону, и то од 8,10-55,20 %. Процентуално присуство фракције грубог праха измерено је у ужем распону и то до 7,10-25,00 %, као и фракција финог праха 1 (7,30-29,20 %). У земљиштима ове урбанистичке зоне процентуално присуство фракције финог праха 2 измерено је у знатно нижим процентима у односу на остале фракције. Измерене вредности ове фракције кретале су се у распону од 2,80-13,80 %. Процентуално присуство фракције глине у земљиштима приградске урбанистичке зоне града кретало се у распону од 5,80-37,40 %, при чему је мањи проценат од 20 измерен у земљиштима узорака I₁, I₂, I₃, I₄, S₁, S₅, S₆, S₃₈, S₃₉ и S₄₈ (5,80-18,00 %).

pH вредности у земљиштима приградске урбанистичке зоне града по правилу расте са дубином изузев између узорака P₁-P₂, P₃-P₄, I₉-I₁₀, I₉-I₁₀, S₃-S₄ и узорака S₃₉-S₄₀. Реакција земљишта приградске урбанистичке зоне града је претежно слабо алкална, умерено алкална и јако алкална (7,41-8,86). Изузетак су земљишта узорака P₂₇, P₃₀ и P₃₂ чија је реакција веома алкална (6,88-7,20), као и земљишта узорака S₃₉, S₄₅, S₄₆ и S₄₈ чија је реакција веома јако алкална (9,04-9,38). Присуство CaCO₃ у овим земљиштима креће се у широком распону од 0,00-22,78 %. Земљишта приградске урбанистичке зоне претежно према присуству CaCO₃ (0,00-11,30 %) припадају класама од бескарбонатних до карбонатним земљиштима, док земљишта узорака S₃₈, S₄₀, S₄₅ и S₄₆ припадају класи веома карбонатних земљишта (14,23-22,78 %).

Присуство хумуса у овим земљиштима по правилу опада са његовом дубином изузев између узорака I₁-I₂ и I₅-I₆, где расте са дубином земљишта и то за 1,68 %, односно 0,17 %. Према садржају хумуса земљишта приградске урбанистичке зоне су слабо до јако хумусна (1,28-8,50 %). Присуство TC креће се у распону од 0,74-4,28 % и по правилу опада са дубином земљишта, изузев између узорака I₁-I₂ и I₅-I₆, где са дубином земљишта незнатно расте за 0,98 %, односно 0,1 %. Присуство OC у овим земљиштима креће се у распону од 0,00-3,85 %. Према присуству TN земљишта приградске урбанистичке зоне града су средње обезбеђена до богата N, при чему се његова вредност кретала у распону од 0,1-0,3 %. Изузетак су земљишта узорака P₃₄, S₆, S₈, S₄₀, S₄₅ и S₄₈ (доњи слојеви) који су према садржају TN у класама ограничене способности за гајење до средње обезбеђености, с обзиром да се вредности крећу у распону од 0,00-0,09 %. Присуство лако приступачног облика P у овим земљиштима креће се у широком распону и то од 0,46-245,72 mg/100g. Концентрација P по правилу опада са дубином земљишта изузев између узорака P₁₅-P₁₆ и I₅-I₆ где са дубином земљишта расте за 5,87 mg/100g, односно за 2,75 mg/100g. Највише концентрација P измерене су у земљиштима узорака S₃₃, S₃₄, S₃₅, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₃₉ и S₄₀, а кретале су се у распону од 40,75-245,72 mg/100g и расту са дубином земљишта за 20,77 mg/100g, између узорака земљишта S₃₃-S₃₄, за 24,60 mg/100g између узорака земљишта S₃₅-S₃₆ и за 27,62 mg/100g између узорака земљишта S₃₉-S₄₀. Присуство лако приступачног облика K у овим земљиштима по правилу опада са његовом дубином на свим локалитетима и измерен је у ужем распону (9,30-68,44 mg/100g) у односу на концентрације P.

Табела 6. Физичке карактеристике земљишта приградске урбанистичке зоне града

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурирна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
5	P ₁₅	Топчидерски парк 1	0-10	3,34	0,50	25,20	14,70	21,30	8,90	29,40	Глиновита иловача
	P ₁₆		10-40	3,39	1,50	19,50	21,80	18,50	7,40	31,30	Глиновита иловача
	P ₁₇	Топчидерски парк 2	0-10	4,25	0,20	10,60	17,90	22,80	11,10	37,40	Праховито глиновита иловача
	P ₁₈		10-40	4,32	0,00	16,70	11,30	25,80	9,40	36,80	Праховито глиновита иловача
8	P ₂₅	Парк у Пожешкој улици 1	0-10	3,26	0,70	10,60	25,00	29,20	13,60	20,90	Праховита иловача
	P ₂₆		10-40	3,05	1,40	8,40	23,50	26,70	11,00	29,00	Праховито глиновита иловача
	P ₂₇	Парк у Пожешкој улици 2	0-10	2,99	0,60	19,80	20,20	24,20	11,30	23,90	Праховита иловача
	P ₂₈		10-40	2,65	1,60	15,00	18,10	23,70	9,70	31,90	Праховито глиновита иловача
9	P ₂₉	Парк Беле Боде 1	0-10	3,81	0,50	18,60	17,30	21,90	8,00	33,70	Праховито глиновита иловача
	P ₃₀		10-40	3,15	0,10	19,40	10,50	25,60	8,10	36,30	Праховито глиновита иловача
	P ₃₁	Парк Беле Боде 2	0-10	3,79	0,40	19,60	12,60	24,00	8,50	34,90	Праховито глиновита иловача
	P ₃₂		10-40	3,07	0,20	8,10	24,00	23,20	8,70	35,80	Праховито глиновита иловача
10	P ₃₃	Парк Миљаковачки извори	0-10	3,78	1,20	11,90	19,70	23,40	9,90	33,90	Праховито глиновита иловача
	P ₃₄		10-40	3,83	1,50	19,30	14,80	19,30	8,80	36,30	Глиновита иловача
11	I ₁	21. мај Београд	0-10	2,27	13,40	28,00	13,00	20,00	8,20	17,40	Иловача
	I ₂		10-40	1,97	23,20	38,80	8,30	12,30	11,30	6,10	Песковита иловача
12	I ₃	Ливница Раковица	0-10	1,37	20,60	55,20	7,50	8,10	2,80	5,80	Песковита иловача
	I ₄		10-40	1,38	20,60	53,20	8,40	7,30	3,10	7,40	Песковита иловача
13	I ₅	ИМП	0-10	3,04	5,90	16,70	13,80	23,60	8,80	31,20	Глиновита иловача
	I ₆		10-40	2,66	10,90	22,20	12,70	20,40	8,50	25,30	Глиновита иловача
14	I ₇	Ливница Победа Београд	0-10	3,06	2,00	19,20	21,10	22,00	11,50	24,20	Праховита иловача
	I ₈		10-40	3,05	0,80	18,10	22,40	20,50	9,40	28,80	Праховито глиновита иловача
16	S ₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 десна страна пре чвора	0-10	1,78	11,90	36,90	9,30	16,30	7,60	18,00	Иловача
	S ₂		10-40	2,16	7,50	22,00	14,70	20,00	10,70	25,10	Иловача
	S ₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 лева страна после чвора	0-10	2,67	2,00	20,30	20,60	23,40	9,50	24,20	Праховита иловача
	S ₄		10-40	2,53	3,50	14,80	21,80	24,10	9,50	26,30	Праховита иловача
	S ₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 лева страна пре чвора	0-10	1,12	23,80	29,60	13,70	14,40	6,70	11,80	Песковита иловача
	S ₆		10-40	1,22	22,90	31,40	13,00	13,10	6,40	13,20	Песковита иловача
	S ₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 лева страна после чвора	0-10	2,44	3,30	20,50	17,30	22,00	11,60	25,30	Праховита иловача
	S ₈		10-40	2,02	2,00	14,80	21,80	22,50	11,00	27,90	Праховито глиновита иловача

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
20	S ₃₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка	0-10	2,68	4,20	20,10	19,20	21,30	7,30	27,90	Глиновита иловача
	S ₃₄	Јовановића десна страна пре чвора	10-40	2,72	4,10	23,10	15,70	20,40	8,80	27,90	Глиновита иловача
	S ₃₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка	0-10	1,92	14,90	36,40	10,60	13,20	3,80	21,10	Песковито глиновита иловача
	S ₃₆	Јовановића десна страна после чвора	10-40	1,95	16,60	29,20	11,90	13,80	7,80	20,70	Иловача
	S ₃₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка	0-10	2,12	14,40	33,20	9,50	14,70	6,90	21,30	Иловача
	S ₃₈	Јовановића лева страна пре чвора	10-40	1,65	12,70	40,50	9,90	13,20	7,30	16,40	Песковита иловача
	S ₃₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка	0-10	1,40	14,20	49,20	8,10	10,20	4,70	13,60	Песковита иловача
	S ₄₀	Јовановића лева страна после чвора	10-40	2,34	5,70	22,90	15,20	19,00	9,80	27,40	Глиновита иловача
21	S ₄₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и	0-10	1,89	11,10	27,70	16,30	16,30	8,40	20,20	Иловача
	S ₄₂	Војислава Илића десна страна пре чвора	10-40	2,04	10,70	28,70	9,80	18,10	7,40	25,30	Иловача
	S ₄₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и	0-10	2,31	4,70	23,10	11,70	21,50	11,20	27,80	Глиновита иловача
	S ₄₄	Војислава Илића десна страна после чвора	10-40	2,05	4,60	23,40	14,30	22,00	8,40	27,30	Глиновита иловача
	S ₄₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и	0-10	1,57	12,90	29,90	12,30	13,60	10,70	20,60	Иловача
	S ₄₆	Војислава Илића лева страна пре чвора	10-40	1,77	8,40	19,40	12,70	14,20	13,80	31,50	Глиновита иловача
	S ₄₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и	0-10	2,19	7,90	23,00	15,50	19,40	10,00	24,20	Иловача
	S ₄₈	Војислава Илића лева страна после чвора	10-40	1,28	12,30	45,30	7,10	12,80	7,60	14,90	Песковита иловача

Табела 7. Хемијске карактеристике земљишта приградске урбанистичке зоне града

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	TC (%)	OC (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
5	P ₁₅	Топчидерски парк 1	0-10	8,01	7,22	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	3,19	1,85	1,68	0,19	9,74	10,04	22,41	
	P ₁₆		10-40	8,13	7,49	0,00	0,00	0,00	0,00	2,14	2,01	1,16	0,91	0,12	9,71	15,91	19,63	
	P ₁₇	Топчидерски парк 2	0-10	8,00	7,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	3,70	2,15	2,09	0,24	8,95	3,73	19,63	
	P ₁₈		10-40	8,07	7,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	2,01	1,17	1,13	0,14	8,32	2,49	19,63	
8	P ₂₅	Парк у Пожешкој улици 1	0-10	7,50	7,04	2,75	1,79	37,55	39,34	95,46	0,00	5,23	3,03	3,03	0,29	10,46	28,05	27,40
	P ₂₆		10-40	7,82	7,13	2,25	1,46	32,50	33,96	95,69	0,00	3,20	1,86	1,86	0,16	11,60	5,98	15,50
	P ₂₇	Парк у Пожешкој улици 2	0-10	7,20	6,62	5,50	3,58	3,55	7,12	49,80	0,00	5,75	3,34	3,34	0,30	11,12	13,14	31,80
	P ₂₈		10-40	7,71	7,11	2,00	1,30	1,30	2,60	50,00	0,00	3,17	1,84	1,84	0,18	10,21	4,42	21,00
9	P ₂₉	Парк Беле Боде 1	0-10	7,63	6,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	3,59	2,08	2,07	0,23	9,05	20,64	21,22	
	P ₃₀		10-40	7,04	6,13	5,50	3,58	24,70	28,28	87,36	0,00	2,17	1,26	1,26	0,20	6,29	1,57	15,67
	P ₃₁	Парк Беле Боде 2	0-10	7,41	6,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	2,77	1,61	1,56	0,18	8,93	1,88	22,01	
	P ₃₂		10-40	6,88	5,86	6,00	3,90	25,60	29,50	86,78	0,00	2,60	1,51	1,51	0,13	11,60	0,46	17,67

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	TC (%)	OC (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
10	P ₃₃	Парк Миљаковачки извори	0-10	7,79	7,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	2,67	1,55	1,52	0,17	9,12	3,08	19,24
	P ₃₄		10-40	8,09	7,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	1,62	0,94	0,80	0,00	0,00	2,74	16,46
11	I ₁	21. мај Београд	0-10	8,14	7,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,63	5,06	2,93	2,02	0,24	12,23	9,03	36,22
	I ₂		10-40	8,12	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,57	6,74	3,91	2,76	0,21	18,62	7,24	25,66
12	I ₃	Ливница Раковица	0-10	7,84	7,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,52	7,37	4,28	3,85	0,24	17,82	20,38	29,62
	I ₄		10-40	8,12	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,28	5,80	3,36	2,97	0,18	18,68	11,51	21,70
13	I ₅	ИМП	0-10	8,09	7,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53	2,07	1,20	0,78	0,12	9,99	8,00	19,77
	I ₆		10-40	8,18	7,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,87	2,24	1,30	0,95	0,12	10,81	10,75	20,39
14	I ₇	Ливница Победа Београд	0-10	8,02	7,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	3,52	2,04	1,89	0,20	10,21	60,24	33,58
	I ₈		10-40	7,96	7,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,52	2,30	1,34	1,03	0,14	9,54	29,94	23,02
16	S ₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 десна страна пре чвора	0-10	8,58	7,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,36	5,41	3,14	2,61	0,29	10,82	11,47	21,35
	S ₂		10-40	8,75	7,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,13	3,36	1,95	1,21	0,12	16,23	5,79	10,69
	S ₃	Саобраћајно чвориште Аутопут Е75 и Е70 десна страна после чвора	0-10	8,41	7,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,87	5,37	3,12	2,89	0,25	12,46	9,16	21,81
	S ₄		10-40	8,21	7,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,72	4,21	2,44	2,00	0,15	16,28	5,94	13,47
	S ₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 лева страна пре чвора	0-10	8,63	7,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,21	8,50	4,93	4,18	0,22	22,40	17,51	13,93
	S ₆		10-40	8,88	7,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,67	3,53	2,05	1,49	0,07	29,28	7,82	13,47
	S ₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 лева страна после чвора	0-10	8,45	7,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,02	4,39	2,55	2,07	0,19	13,42	4,98	16,25
	S ₈		10-40	8,56	7,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,01	2,37	1,37	0,29	0,07	19,62	3,20	9,30
20	S ₃₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића десна страна пре чвора	0-10	8,52	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,20	4,11	2,39	2,00	0,17	14,03	224,95	68,44
	S ₃₄		10-40	8,58	7,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,23	3,07	1,78	1,39	0,11	16,18	245,72	38,41
	S ₃₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића десна страна после чвора	0-10	8,75	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,65	4,51	2,62	2,06	0,18	14,54	99,15	53,98
	S ₃₆		10-40	8,86	7,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,75	2,20	1,28	0,71	0,12	10,65	123,75	32,21
	S ₃₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића лева страна пре чвора	0-10	8,48	7,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,63	4,27	2,48	1,20	0,19	13,04	69,40	57,87
	S ₃₈		10-40	8,60	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,77	2,34	1,36	0,00	0,10	13,57	54,16	46,21
	S ₃₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића лева страна после чвора	0-10	9,14	7,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,91	3,16	1,83	0,76	0,13	14,10	40,75	28,71
S ₄₀	10-40		8,53	7,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,23	1,54	0,89	0,00	0,00	0,00	68,37	13,95	
21	S ₄₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Војислава Илића десна страна пре чвора	0-10	8,54	7,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,30	4,40	2,55	1,20	0,19	13,44	54,90	32,21
	S ₄₂		10-40	8,72	7,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,09	2,10	1,22	0,01	0,10	12,17	16,88	15,89
	S ₄₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Војислава Илића десна страна после чвора	0-10	8,71	7,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,43	2,65	1,54	0,65	0,15	10,26	17,02	23,66
	S ₄₄		10-40	8,80	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,17	2,34	1,36	0,50	0,11	12,36	13,82	17,05
	S ₄₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Војислава Илића лева страна пре чвора	0-10	9,21	7,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,03	2,22	1,29	0,00	0,11	11,71	35,24	15,11
	S ₄₆		10-40	9,38	7,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,78	1,28	0,74	0,00	0,00	0,00	15,72	13,95
	S ₄₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Војислава Илића лева страна после чвора	0-10	8,48	7,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,21	2,82	1,63	0,41	0,16	10,21	124,52	21,72
	S ₄₈		10-40	9,04	7,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,55	2,43	1,41	0,63	0,09	15,68	54,59	15,89

Измерене концентрације Zn у земљиштима приградске урбанистичке зоне града кретале су се у широком распону од 60,69-469,12 mg/kg. У већини узорака земљишта измерене су концентрације Zn које су биле више од његове референтне (68,14 mg/kg) и ГМВ (140 mg/kg). Наиме, само у земљиштима узорака P₂₅, P₂₆, P₂₇, P₂₈, P₂₉, P₃₀, P₃₁, P₃₂, P₃₄ и S₄₀, измерене су концентрације Zn које су биле ниже од обе његове референтне вредности. За разлику од Zn, Cu се кретао у знатно ужем распону и то од 15,87-152,84 mg/kg, при чему већина узорака земљишта имала је више концентрације Cu од његове референтне вредности (31,8 mg/kg) и ГМВ (36 mg/kg). Измерене концентрација Cd у земљиштима приградске урбанистичке зоне града кретале су се у распону од 0,0-2,59 mg/kg. Измерене концентрације Cd које су биле више од референтне вредности (0,86 mg/kg) и ГМВ (0,86 mg/kg) измерене су у земљиштима узорака I₁, I₂, I₃, I₄, I₅, I₆, I₇, S₁, S₂, S₃, S₅, S₆, S₇, S₃₃, S₃₄, S₃₈, S₃₆, S₃₇, S₃₈ и S₃₉, а кретале су се у распону од 0,83-2,59 mg/kg. За разлику од земљишта централне урбанистичке зоне града у земљиштима приградске урбанистичке зоне нису измерене концентрација Pb које су биле више од његове ремедијационе вредности (530 mg/kg), при чему су се концентрације кретале у распону од 15,86-472,35 mg/kg. Концентрација Cr у земљиштима ове урбанистичке зоне града кретале су се у распону од 28,93-107,64 mg/kg. Земљишта узорака I₃, I₄ и S₆, једина су имали концентрацију Cr која је била виша од његове ГМВ (100 mg/kg), а кретала се у распону од 105,75-107,64 mg/kg. Као и у централној урбанистичкој зоне и овде концентрације Ni била су више од његове ГМВ (35 mg/kg) у земљиштима свих узорака, изузев у земљишту узорка P₂₅ (33,43 mg/kg). Средње вредности концентрација Ni у овим земљиштима кретала се у распону од 33,43-141,36 mg/kg.

Табела 8. Укупна концентрација тешких метала у земљишту приградске урбанистичке зоне града

Број локалитет	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
5	P ₁₅	Топчидерски парк 1	0-10	70,1753	33,3311	<blank	22,7618	50,5266	50,9566
	P ₁₆		10-40	78,8774	32,2823	<blank	22,2293	47,7951	50,6050
	P ₁₇	Топчидерски парк 2	0-10	87,1341	38,6710	0,2637	57,7913	79,7484	75,8569
	P ₁₈		10-40	80,9199	34,7332	0,2531	53,3504	62,7390	78,6152
8	P ₂₅	Парк на Бановом брду 1	0-10	68,1223	15,8672	0,1333	20,9707	37,9413	33,4311
	P ₂₆		10-40	65,3973	18,3175	<blank	24,9875	32,7570	40,2899
	P ₂₇	Парк на Бановом брду 2	0-10	63,2969	16,2677	0,2101	24,7066	28,9310	38,3569
	P ₂₈		10-40	62,5687	21,2714	<blank	23,0096	41,7169	49,8984
9	P ₂₉	Парк Беле Воде 1	0-10	67,8438	31,3192	0,3635	32,7764	58,1799	42,4003
	P ₃₀		10-40	62,8171	29,0248	0,3467	25,9177	47,7646	42,1570
	P ₃₁	Парк Беле Воде 2	0-10	64,4245	37,3221	0,5633	29,5123	47,3818	41,7219
	P ₃₂		10-40	63,0529	36,9571	0,2531	29,0268	45,3937	41,2070
10	P ₃₃	Парк МЗ Миљаковац	0-10	70,9227	31,6783	0,0100	25,0692	52,1758	53,0795
	P ₃₄		10-40	63,6788	30,1200	0,2166	25,4215	53,7587	56,1046
11	I ₁	Раковица 21. мај	0-10	103,9211	40,6769	0,8329	39,2078	58,6068	92,3677
	I ₂		10-40	118,9424	64,0211	1,0329	30,2446	59,6761	141,3601
12	I ₃	Ливница Раковица	0-10	213,4654	61,1718	1,6411	165,2364	107,3668	116,1585
	I ₄		10-40	151,0599	54,3664	1,4866	140,6673	107,6462	105,5963
13	I ₅	ИМП	0-10	281,1963	57,3669	1,8784	181,3462	37,6574	41,3442
	I ₆		10-40	212,2245	50,2592	1,1740	114,7095	45,6002	39,0348
14	I ₇	Ливница Победа Београд	0-10	163,5427	43,3094	1,0032	55,6541	61,4298	75,9507
	I ₈		10-40	93,5869	46,2218	0,7033	30,2323	55,8781	55,6048
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
16	S ₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 десна страна пре чвора	0-10	392,2869	71,5976	1,6033	250,3917	71,3110	49,8317
	10-40		169,4836	42,6376	0,8768	113,8080	51,2251	48,3415	
	S ₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 десна страна после чвора	0-10	142,7191	48,3939	0,8630	129,2236	62,7024	48,4439
	10-40		91,0334	35,8365	0,6536	68,2550	60,2621	48,8813	
	S ₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 лева страна пре чвора	0-10	469,1218	152,8445	2,4696	472,3546	81,3998	55,6907
	10-40		243,5880	62,7673	1,5489	299,7135	105,7491	54,6966	
	S ₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70 лева страна после чвора	0-10	98,3967	35,9000	0,8700	60,9733	51,7167	46,5267
	10-40		68,2534	28,1488	0,2665	38,0825	47,2567	47,4666	
20	S ₃₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића десна страна пре чвора	0-10	140,7084	45,4709	1,2507	53,7053	72,4853	62,8202
	10-40		111,9622	40,2225	0,9191	38,8038	66,4447	65,5322	
	S ₃₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића десна страна после чвора	0-10	404,3929	40,2193	2,4331	43,7623	86,7247	56,9310
	10-40		434,8594	37,4537	2,5876	35,9398	87,1686	73,3035	
	S ₃₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића лева страна пре чвора	0-10	106,0702	47,4616	1,0867	49,6417	84,3295	68,9790
	10-40		79,1109	27,8122	1,1522	48,6014	60,9724	61,5851	
	S ₃₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића лева страна после чвора	0-10	175,5229	37,1527	1,2542	41,3389	56,9265	52,4134
	10-40		60,6879	19,8727	<blank	15,8568	38,4223	50,2599	
21	S ₄₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Војислава Илића десна страна пре чвора	0-10	94,7412	26,8034	0,1732	36,8181	76,3472	49,9134
	10-40		81,5704	21,5923	0,0233	27,1079	52,4862	52,5295	
	S ₄₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Војислава Илића десна страна после чвора	0-10	107,4536	25,5075	0,1233	27,0642	44,4281	49,6383
	10-40		110,0967	34,7849	0,1167	34,6882	52,1007	54,1981	
	S ₄₅	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Војислава Илића лева страна пре чвора	0-10	96,8103	26,1137	0,2497	44,0767	70,2271	62,7589
	10-40		67,4057	23,2388	0,0800	23,3288	49,8116	70,0330	
	S ₄₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Војислава Илића лева страна после чвора	0-10	75,1216	22,7455	0,1833	29,2975	66,8800	50,5266
	10-40		114,0008	25,2868	0,3769	31,5068	63,6173	52,8649	
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

4.1.3. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима спољне урбанистичке зоне града

Одређивање физичких и хемијских карактеристика и концентрација тешких метала земљишта спољне урбанистичке зоне града извршено је лабораторијским испитивањем земљишта узрокованог на терену са 3 локалитета, где је узорковано укупно 16 узорка, од којих 2 припадају индустријским комплексима/зонама, 8 саобраћајним чвориштима и 6 земљиштима урбаних шума. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта уз саобраћајна чворишта представљени су у Табели 9. и Табели 10., а аналитичке средње вредности укупних концентрација тешких метала у Табели 11.

Земљишта спољне урбанистичке зоне града према гранулометријском саставу припадају класама праховито глиновитој иловачи, иловачи, песковитој иловачи и знатно мање глиновитој иловачи, иловастој пескуши и песку. Фракција крупног песка у највећем проценту измерена је у земљиштима узорка S₅₉, S₆₀, и S₆₁ која се кретала у распону од 16,20 до 25,70 %. У осталим узорцима ове урбанистичке зоне измерен је знатно нижи проценат крупног песка, а кретао се у распону од 0,00 до 10,20 %. Процентуално присуство фракције ситног песка измерено је у знатно вишем проценту и то у узорцима S₆₁, S₆₂ и S₆₃, са вредностима које су се кретале у распону од 61,40-64,80 %, док је ова вредност у узорку S₆₄ износила чак 8,40 %. Такође у узорцима I₉, I₁₀, S₅₇, S₅₈, S₅₉ и S₆₀ измерено је више процентуално присуство ове фракције, које се кретало у распону од 19,30-37,30 %. Најнижи проценти фракције ситног песка измерене су у земљиштима узорка F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ и F₆ са вредностима које су се кретале у распону од 5,60-12,70 %.

Табела 9. Физичке карактеристике земљишта спољне урбанистичке зоне града

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Прах			Глина	
					2,0-0,2 mm	0,2-0,06 mm	0,06-0,02mm	0,02-0,006 mm	0,006-0,002 mm	< 0,002 mm	
15	I ₉	Грмеч, Земун	0-10	2,04	10,20	33,00	14,70	15,70	7,10	19,30	Иловача
	I ₁₀		10-40	2,14	5,60	28,70	16,40	18,00	7,10	24,20	Иловача
23	S ₅₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут десна страна пре чвора	0-10	3,23	1,80	19,30	7,90	24,10	13,50	33,40	Глиновита иловача
	S ₅₈		10-40	2,14	9,40	23,80	16,10	15,30	10,10	25,30	Иловача
	S ₅₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут десна страна после чвора	0-10	1,53	16,20	29,30	16,50	14,50	10,50	13,00	Иловача
	S ₆₀		10-40	1,11	25,70	37,30	11,00	9,70	4,30	12,00	Песковита иловача
	S ₆₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут лева страна пре чвора	0-10	0,45	21,60	64,80	0,80	3,30	3,30	6,20	Иловаста пескуша
	S ₆₂		10-40	0,95	6,50	63,90	7,40	7,90	4,80	9,50	Песковита иловача
	S ₆₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут лева страна после чвора	0-10	1,18	2,90	61,40	12,70	7,50	5,20	10,30	Песковита иловача
	S ₆₄		10-40	0,40	5,00	83,40	3,20	3,40	1,30	3,70	Песак
24	F ₁	Степин Гај 1	0-10	3,35	0,40	12,70	24,20	17,40	8,90	36,40	Праховито глиновита иловача
	F ₂		10-40	3,65	0,20	8,20	18,50	23,70	9,10	40,30	Праховита глинуша
	F ₃	Степин Гај 2	0-10	4,38	0,10	12,30	17,70	27,10	8,30	34,50	Праховито глиновита иловача
	F ₄		10-40	4,08	0,00	10,10	19,10	27,20	9,70	33,90	Праховито глиновита иловача
	F ₅	Степин Гај 3	0-10	4,62	0,10	5,60	25,10	23,90	9,60	35,70	Праховито глиновита иловача
	F ₆		10-40	4,65	0,00	6,60	25,40	20,70	8,80	38,50	Праховито глиновита иловача

Очекивано, највише присуство фракције грубог праха утврђено је у земљиштима узорка F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ и F₆ (17,70-25,40 %), мада и у узорцима I₉, I₁₀, S₅₈ и S₅₉ измерен је виши процената (14,10-16,10 %) у односу на земљишта узорка S₅₇, S₆₀, S₆₁, S₆₂, S₆₃ и S₆₄ (0,80-12,70 %). Као и груби прах процентуално присуство фракције финог праха 1 кретало се у широком распону (3,30-27,20 %), где је највише присуство измерено у земљиштима узорка I₉, I₁₀, S₅₇, S₅₈, S₅₉, F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ и F₆ (14,50-27,20 %), док је измерен знатно нижи проценат ове фракције у земљиштима узорка S₆₀, S₆₁, S₆₂, S₆₃ и S₆₄ (3,30-9,70 %). Процентуално присуство фракције финог праха 2 у истраженим земљиштима спољне урбанистичке зоне је уравнотежено с обзиром да се кретао у ужем распону 1,30-13,50 % за разлику од осталих фракција. Процентуално присуство фракције глине кретало се у најширем распону и то од 3,70-40,30 %. Највиши проценти ове фракције измерени су у земљиштима узорка S₅₇, F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ и F₆, а кретали су се у уском распону од 33,40-40,30 %. Такође, у земљиштима узорка I₉, I₁₀ и S₅₈ измерен је виши процената фракције глине (19,30-25,30 %) у односу на земљишта узорка S₅₉, S₆₀, S₆₁, S₆₂, S₆₃ и S₆₄ (3,70-13,00 %).

Према рН вредности земљишта спољне урбанистичке зоне града претежно припадају класи умерено алкалних земљишта, где се рН_{H2O} вредност кретала у распону од 7,92-8,34 (узорци I₉, I₁₀, S₅₇, S₅₈, S₅₉, S₆₀, S₆₂, F₁ и F₂). Највиша рН_{H2O} утврђена је у узорцима S₆₁, S₆₃ и S₆₄, чија је реакција била јако алкална а вредности су се кретале у распону од 8,51-8,80. Најнижа рН_{H2O} измерена је у узорцима F₃, F₄, F₅ и F₆ (5,72-6,35) чија је реакција била слабо до умерено кисела. За разлику од активне киселости, супституциона показује да је највиша рН_{Ca} измерена у земљишту узорка I₉ (7,53) чија је реакција алкална, као и у земљиштима узорка I₁₀, S₅₇, S₅₈, S₅₉, S₆₀, S₆₁, S₆₄ (7,27-7,34). У земљиштима узорка S₆₃, F₁ и F₂ (7,17-6,91) реакција је неутрална, док је у земљиштима узорка F₃, F₄, F₅ и F₆ (4,88-5,54) кисела до слабо кисела.

Земљишта спољне урбанистичке зоне града према процентуалном садржају CaCO₃ претежно припадају класи карбонатних земљишта и то земљишта узорка I₉, I₁₀, S₅₈, S₅₉ и S₆₂ (6,08-12,20 %), док земљишта узорка S₅₇, S₆₁, S₆₃ и S₆₄ припадају класи слабо карбонатних земљишта (4,15-5,50 %), а узорка F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ и F₆ (0,00-0,25 %) класи безкарбонатних. Највиши процентуални садржај CaCO₃ са вредношћу од 19,81 % измерен је у узорку S₆₀, што овај узорак сврстава у класу веома карбонатних земљишта.

Земљишта узорка I₉, S₅₇, S₅₈, S₅₉, S₆₀, F₃ и F₅ према процентуалном присуству хумуса (3,06-4,15 %) припадају класи средње хумусних земљишта, а узорка I₉, S₆₂, S₆₃, S₅₈, F₁, F₂, F₄, и F₆ (1,15-2,58 %) слабо хумусних земљишта. Знатно ниже процентуално присуство хумуса измерено је у узорцима S₆₁ и S₆₄ (0,98 и 0,53 %), а припадају класи врло слабо хумусних земљишта. Укупни угљеник прати хумус и кретао се у распону од 0,31-2,41 %, као и органски угљеник (0,00-2,28 %). Земљишта узорка S₅₇, S₅₉, F₃, F₄ и F₅ (0,20-0,23 %) према процентуалном садржају укупног азота припадају класи земљишта богатих овим елементом, а земљишта узорка I₉, I₁₀, S₅₈, S₆₀, F₁, F₂ и F₆ (0,11-0,19 %) добро обезбеђених, док његово присуство изостаје у земљиштима узорка S₆₁, S₆₂, S₆₃ и S₆₄. Однос C/N указује да се у земљиштима спољне урбанистичке зоне града разградња органске материје одвија у повољним условима с обзиром да се овај однос креће у распону од 0,00-12,27.

Присуство лако приступачног облика Р у земљиштима спољне урбанистичке зоне града је варијабилно и креће се у широком распону (1,00-57,07 mg/100g). Највиша концентрација Р измерена је у земљиштима узорка S₅₉ и S₆₀ (54,72 и 57,07 mg/100g) што ова земљишта сврстава у класу високо обезбеђених овим елементом, а земљиште узорка I₉ са концентрацијом Р од 17,26 mg/100g у класу средње обезбеђених. Земљишта осталих узорка ове урбанистичке зоне града припадају класи врло ниско и ниско обезбеђених Р (1,00-12,07 mg/100g). Присуство лако приступачног облика К показује знатно мању варијабилност и кретало се у знатно ужем распону (1,51-24,61 mg/100g) у односу на Р, а земљишта ове урбанистичке зоне према садржају К припадају класама ниско, средње и високо обезбеђених овим елементом.

Табела 10. Хемијске карактеристике земљишта спољне урбанистичке зоне града

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	TC (%)	OC (%)	N (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
							cmol/kg											
15	I ₉	Грмеч, Земун	0-10	8,23	7,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,36	3,81	2,21	1,20	0,18	12,27	17,26	12,03
	I ₁₀		10-40	8,14	7,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,36	2,33	1,35	0,23	0,12	11,28	11,61	11,15
23	S ₅₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут десна страна пре чвора	0-10	8,04	7,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,15	4,15	2,41	1,91	0,21	11,47	11,84	24,05
	S ₅₈		10-40	8,36	7,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,26	3,34	1,94	0,94	0,16	12,10	12,07	16,28
	S ₅₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут десна страна после чвора	0-10	8,10	7,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,20	3,98	2,31	0,84	0,23	10,04	54,72	20,55
	S ₆₀		10-40	8,14	7,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,81	3,06	1,77	0,00	0,19	9,33	57,07	12,00
	S ₆₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут лева страна пре чвора	0-10	8,59	7,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50	0,98	0,57	0,00	0,00	0,00	6,11	4,62
	S ₆₂		10-40	8,34	7,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,08	1,19	0,69	0,00	0,00	0,00	8,53	10,45
	S ₆₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут лева страна после чвора	0-10	8,80	7,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,62	1,15	0,67	0,11	0,00	0,00	3,89	6,18
	S ₆₄		10-40	8,51	7,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,03	0,53	0,31	0,00	0,00	0,00	4,67	1,51
24	F ₁	Степин Гај 1	0-10	7,92	7,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	2,58	1,50	1,47	0,16	9,35	8,10	19,40
	F ₂		10-40	7,99	6,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	1,96	1,14	1,11	0,12	9,46	3,15	17,31
	F ₃	Степин Гај 2	0-10	6,35	5,54	7,50	4,88	22,70	27,58	82,32	0,00	3,94	2,28	2,28	0,23	9,92	1,09	24,61
	F ₄		10-40	6,09	5,08	7,50	4,88	19,80	24,68	80,24	0,00	2,49	1,44	1,44	0,22	6,56	1,00	15,22
	F ₅	Степин Гај 3	0-10	5,72	4,88	10,00	6,50	21,50	28,00	76,79	0,00	3,43	1,99	1,99	0,20	9,94	2,96	17,47
	F ₆		10-40	5,88	4,88	8,50	5,53	20,40	25,93	78,69	0,00	2,09	1,21	1,21	0,11	10,99	3,54	14,09

У земљиштима спољне урбанистичке зоне града у узорцима I₉, S₅₈, S₅₉, F₁ и F₂ измерене су концентрације Zn вишим од његове референтне (68,14 mg/kg), а у земљишту узорка S₅₇ концентрација Zn (140,23 mg/kg) била је виша и од ГМВ (140 mg/kg). Концентрације Cu које су имале вишу вредност од ГМВ (36 mg/kg) и његове референтне вредности (31,8 mg/kg) измерене су у узорцима S₅₈ и S₅₉ (39,33-38,39 mg/kg). Измерене концентрације Cd у земљиштима узорака I₉ и I₁₀ биле су више и од његове референтне вредности (0,86 mg/kg) и ГМВ (0,8 mg/kg). У земљишту узорка I₉ измерена је концентрација Pb која је била виша од његове референтне вредности (54,92 mg/kg), а у узорку S₅₇ виша и од ГМВ (85 mg/kg) док је у земљиштима осталих узорака ове урбанистичке зоне његова концентрација била знатно нижа. Измерене концентрације Cr које су биле више од његове референтне вредности (52,4 mg/kg) утврђене су у узорцима I₉, I₁₀, S₅₇, S₅₈, S₅₉, F₁, F₂, F₃. Концентрација Ni у земљиштима узорака I₉, I₁₀, S₅₇, S₅₈, S₅₉, S₆₀, F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ и F₆ (38,81-99,24 mg/kg) била су више од његове референтне вредности (52 mg/kg) и ГМВ (36 mg/kg).

Табела 11. Укупна концентрација тешких метала у земљиштима спољне урбанистичке зоне града

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
15	I ₉	Грмеч, Земун	0-10	82,4049	23,6390	1,1634	55,1722	66,2733	52,8253
	I ₁₀		10-40	67,7144	23,2392	0,9366	31,2823	54,7782	52,3616
23	S ₅₇	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут десна страна пре чвора	0-10	141,2282	39,3345	0,6335	124,3815	57,9149	50,7902
	S ₅₈		10-40	138,6861	38,3895	0,6999	50,4183	59,5174	49,2051
	S ₅₉	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут десна страна после чвора	0-10	86,8364	20,3053	0,4432	23,2812	56,3302	42,3168
	S ₆₀		10-40	57,9907	15,1883	0,2033	17,2143	28,5671	38,8071
	S ₆₁	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут лева страна пре чвора	0-10	35,2077	13,3649	<blank	12,9851	29,8478	30,3208
	S ₆₂		10-40	61,2016	21,6172	0,4996	14,7867	22,5963	28,1047
	S ₆₃	Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Панчевачки пут лева страна после чвора	0-10	67,8867	15,2767	0,4333	15,9000	22,2933	22,6167
	S ₆₄		10-40	49,3066	6,9709	0,4067	10,1213	13,8819	15,7688
24	F ₁	Степин Гај 1	0-10	69,0104	21,4136	0,1101	29,4020	68,1465	82,7624
	F ₂		10-40	74,4296	23,8659	0,0434	29,4396	73,7725	99,2428
	F ₃	Степин Гај 2	0-10	64,9226	18,9809	0,0367	25,6869	54,5618	65,4062
	F ₄		10-40	60,3853	18,1406	0,0033	22,3141	46,8749	65,6622
	F ₅	Степин Гај 3	0-10	65,2317	20,7684	<blank	21,3477	41,6101	44,3168
	F ₆		10-40	65,3024	20,4099	<blank	20,5066	35,3908	43,9127
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52,00
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

4.1.4. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима рубне урбанистичке зоне града

Одређивање физичких и хемијских карактеристика и садржаја тешких метала у земљиштима рубне урбанистичке зоне града извршено је лабораторијским испитивањем земљишта узрокованог на терену са 2 локалитета, где је земљиште узорковано са по 3 места. Узето је укупно 12 узорака. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта урбаних шума представљени су у Табели 12. и Табели 13., а аналитичке вредности концентрација тешких метала у Табели 14.

Према гранулометријском саставу земљишта рубне урбанистичке зоне припадају класама праховитих иловача и прахотито глиновитих иловача. Присуство фракције грубог песка измерено је у малом проценту и то од 0,00-4,30 %. У земљиштима ове зоне измерене су нешто више вредности фракције ситног песка у односу на груби песка, а кретале су се у распону од 5,60-23,60 %. Фракција грубог праха измерена је у ужем распону и то од 14,60-27,60 %, као и фракција финог праха 1 чије се процентуално присуство кретало у распону од 25,90-31,70 %. Фракција финог праха 2 кретала се у нешто ширем распону и то од 7,70-21,80 %, а процентуално присуство фракције глине кретало се у распону од 14,90-31,70 %.

Земљишта ове зоне су киселе реакције (4,48-5,76) изузев земљишта узорака F₉, F₁₀, F₁₇ и F₁₈ чија је реакција неутрална (6,94-7,30), док земљишта узорака F₁₃ и F₁₄ која припадају класи слабо алкалних земљишта (7,41 и 7,73). Присуство СаСО₃ изостаје у земљиштима ове зоне, осим у земљиштима узорака F₁₀ и F₁₃ где је његово присуство износило 0,17 %, односно 0,32 %.

Присуство хумуса по правилу опада са дубином, чије се процентуално присуство креће у распону од 1,76-5,70 % што ова земљишта чини слабо до јако хумусна. Присуство ТС опада са дубином земљишта и креће се у распону од 1,02-3,30 %, као и ОС који се креће у распону од 1,02-3,30 %. Према процентуалном присуству TN земљишта рубне урбанистичке зоне су добро до богато обезбеђена TN (0,11-0,27 %). Однос C/N овде је узак и креће се у распону од 9,27-17,39 тако да се у земљиштима рубне урбанистичке зоне града одвија повољна минерализација и хумификација органске материје.

Присуство лако приступачног облика P кретао се у распону од 0,97-6,27 mg/100g, што ова земљишта сврстава у ниско обезбеђених овим елементом. Изузетак су земљишта узорака F₁₃ и F₁₄ где су измерене вредности од 23,23 и 14,37 mg/100g, што земљиште ових узорака сврстава у класе средње до високо обезбеђених овим елементом. За разлику од P присуство K измерено је у нешто вишим концентрацијама које су се кретале у распону од 10,71-17,31 mg/100g. Као и концентрација P и концентрација K у вишим концентрацијама измерена је у земљиштима узорака F₁₃ и F₁₄, где су измерене вредности од 26,98 и 20,82 mg/100g, што земљиште ових узорака сврстава у класе средње до високо обезбеђених овим елементом.

Табела 12. Физичке карактеристике земљишта рубне урбанистичке зоне града

Број локалитета	Редни број узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријских састав земљишта (%)						Текстурна класа
					Песка		Праха			Глина	
					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	<0,002 mm	
25	F ₇	Авала 1	0-10	2,22	3,00	11,30	22,40	27,60	9,50	26,20	Праховита иловача
	F ₈		10-40	2,64	2,30	14,20	17,70	21,90	9,00	34,90	Праховито глиновита иловача
	F ₉	Авала 2	0-10	2,58	4,30	16,80	18,90	30,40	10,10	19,50	Праховита иловача
	F ₁₀		10-40	2,34	3,30	15,20	15,50	31,20	9,90	24,90	Праховита иловача
	F ₁₁	Авала 3	0-10	4,26	0,00	5,60	27,60	29,60	6,40	30,80	Праховито глиновита иловача
	F ₁₂		10-40	4,08	0,30	9,20	20,70	27,90	10,20	31,70	Праховито глиновита иловача
26	F ₁₃	Липовачка шума 1	0-10	2,77	0,50	11,20	23,10	31,40	9,50	24,30	Праховита иловача
	F ₁₄		10-40	2,54	0,70	7,90	24,10	31,70	7,70	27,90	Праховито глиновита иловача
	F ₁₅	Липовачка шума 2	0-10	2,69	0,10	22,10	14,60	25,90	10,20	27,10	Глиновита иловача
	F ₁₆		10-40	2,82	0,40	14,10	21,60	25,90	21,80	16,20	Праховита иловача
	F ₁₇	Липовачка шума 3	0-10	3,14	0,20	23,60	22,60	30,10	8,60	14,90	Праховита иловача
	F ₁₈		10-40	3,10	0,60	15,70	19,90	26,50	10,10	27,20	Праховито глиновита иловача

Табела 13. Хемијске карактеристике земљишта рубне урбанистичке зоне града

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y 1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	N (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
				cmol/kg					mg/100g									
25	F ₇	Авала 1	0-10	5,51	4,52	27,00	17,5	12,30	29,85	41,21	0,00	3,61	2,09	2,09	0,20	10,46	1,04	14,67
	F ₈		10-40	5,76	4,66	16,50	10,7	15,70	26,43	59,41	0,00	1,76	1,02	1,02	0,11	9,27	0,97	17,31
	F ₉	Авала 2	0-10	6,94	6,57	3,50	2,28	33,20	35,48	93,59	0,00	5,58	3,24	3,24	0,27	11,98	6,27	17,31
	F ₁₀		10-40	7,01	6,34	5,25	3,41	21,70	25,11	86,41	0,17	3,81	2,21	2,19	0,19	11,64	1,29	13,35
	F ₁₁	Авала 3	0-10	4,48	3,69	31,50	20,4	7,80	28,28	27,59	0,00	5,70	3,30	3,30	0,19	17,39	4,34	10,71
	F ₁₂		10-40	4,72	3,90	23,50	15,2	11,10	26,38	42,09	0,00	4,54	2,63	2,63	0,19	13,85	1,97	12,22
26	F ₁₃	Липовачка шума 1	0-10	7,41	6,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,32	4,37	2,54	2,50	0,22	11,53	23,23	26,98
	F ₁₄		10-40	7,73	6,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	2,67	1,55	1,54	0,14	11,07	14,37	20,82
	F ₁₅	Липовачка шума 2	0-10	4,72	3,73	33,48	4,20	37,68	11,15	0,00	0,00	3,00	1,74	1,74	0,18	9,65	5,92	10,71
	F ₁₆		10-40	4,66	3,89	28,93	6,20	35,13	17,65	0,00	0,00	2,43	1,41	1,41	0,14	10,05	2,50	10,71
	F ₁₇	Липовачка шума 3	0-10	7,13	6,29	6,66	22,8	29,46	77,39	0,00	0,00	5,03	2,92	2,92	0,24	12,15	2,70	11,59
	F ₁₈		10-40	7,30	6,32	6,34	22,3	28,64	77,87	0,00	0,00	3,73	2,16	2,16	0,17	12,73	2,15	12,91

Из Табеле 14. може се видети да измерене концентрација Zn које су више од његове референтне вредности (68,14 mg/kg) измерене само у земљиштима узорака F₁₀, F₁₁ и F₁₃, а његове укупне концентрација су износиле 68,21, 71,45 и 90,47 mg/kg. Ниједна измерена концентрација Zn није била виша од његове ГМВ (140 mg/kg). Измерене концентрације Cu, Cd и Pb у земљиштима рубне урбанистичке зоне града нису имале вредности које су биле више од њихових референтних вредности и ГМВ. Такође, измерене концентрације Cr у земљиштима рубне урбанистичке зоне нису имале више концентрације од његове ГМВ (100 mg/kg), док је у земљиштима узорака F₇, F₈, F₁₃, F₁₇ и F₁₈ његова концентрација била виша од његове референтне вредности (52,75-70,90 mg/kg). Концентрација Ni и у земљиштима рубне урбанистичке зоне, као и у претходно описаним зонама града расте са дужином земљишта изузев између узорака F₁₃-F₁₄, где опада са дужином (F₁₃-52,39 mg/kg) (F₁₄-32,39 mg/kg). У земљиштима рубне урбанистичке зоне града укупне концентрације Ni чије су вредности више од његове референтне вредности (52 mg/kg) и ГМВ (35 mg/kg) измерене су у земљиштима узорака F₇, F₈, F₁₀ и F₁₃ (38,73-57,17 mg/kg).

Табела 14. Укупна концентрација тешких метала у земљиштима рубне урбанистичке зоне града

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација тешких метала (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
25	F ₇	Авала 1	0-10	59,8321	17,9087	0,2398	42,7329	70,9018	52,7499
	F ₈		10-40	59,8639	19,9246	0,2702	31,7419	52,7508	57,1748
	F ₉	Авала 2	0-10	66,7033	16,1488	0,5062	15,5027	22,2133	23,2524
	F ₁₀		10-40	68,2103	22,6246	0,6397	48,8140	41,6744	38,7327
	F ₁₁	Авала 3	0-10	71,4505	15,9112	0,1933	41,7044	40,9979	31,1758
	F ₁₂		10-40	62,6520	15,1458	0,2432	31,4476	38,4941	34,6527
26	F ₁₃	Липовачка шума 1	0-10	90,4725	28,0388	0,5836	22,2096	70,4072	52,3894
	F ₁₄		10-40	60,6061	18,3949	0,3696	35,9540	43,1002	32,3876
	F ₁₅	Липовачка шума 2	0-10	60,3334	17,7296	0,2200	37,6329	41,4036	30,0783
	F ₁₆		10-40	60,6245	19,3495	0,3166	37,1359	37,4825	32,1936
	F ₁₇	Липовачка шума 3	0-10	62,7264	18,6052	0,5792	36,4714	54,5606	33,2690
	F ₁₈		10-40	60,8054	19,4473	0,6767	35,2245	53,0784	35,7579
Референтна вредност				68,14	31,80	0,86	54,92	52,4	52,00
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

4.2. Варијабилност физичких и хемијских карактеристика земљишта и концентрација тешких метала у односу на степен урбанизације града

4.2.1. Варијабилност физичких карактеристика земљишта у односу на степен урбанизације града

Варијабилности физичких карактеристика истражених земљишта Београда (земљишта паркова, индустријских комплекса/зона, уз саобраћајна чворишта и урбаних шума) у односу на степен урбанизације Београда, односно припадности урбанистичкој зони града (централна, приградска, спољна и рубна) испитана је у површинским (0-10 cm) и доњим (10-40 cm) слојевима земљишта.

Статистичке вредности средњих разлика испитиваних физичких карактеристика површинских слојева истражених земљишта (0-10 cm) различитих урбанистичких зона града приказане су у Табели 15.

Највиша средња вредност хигроскопне воде измерена је у површинским слојевима земљишта рубне (2,94±0,71 %), затим спољне (2,60±1,53 %) и приградске (2,57±0,88 %), док је најнижа измерена у површинским слојевима земљишта централне урбанистичке зоне града (2,37±0,83 %).

Површински слојеви земљишта централне урбанистичке зоне града бележе највишу средњу вредност фракције грубог песка (8,23±7,04 %), затим површински слојеви земљишта приградске (7,45±7,12 %), спољне (6,66±8,36 %), а најмању рубне урбанистичке зоне града (1,35±1,84 %). За разлику од грубог песка, највиша средња вредност фракције финог песка измерена је у површинским слојевима земљишта спољне (29,80±22,45 %), затим централне (29,47±8,43 %), приградске (25,45±11,19 %), а најнижа је измерена у површинским слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне града (15,10±6,99 %).

Фракција грубог праха у опадајућем низу измерена је најпре у површинским слојевима истражених земљишта рубне (21,53±4,39 %), затим приградске (15,08±4,64 %), спољне (14,95±8,05 %) и централне урбанистичке зоне града (12,96±4,11 %). Средње вредности фракције фини прах 1 забележене су у опадајућем низу: рубне (29,17±2,03 %), приградска (19,43±5,16 %), централна (17,34±4,45 %) и спољна урбанистичка зона града (16,67±8,33 %). За разлику од претходних фракција земљишта, највиша средња фракција финог праха 2 измерена је у површинских слојева земљишта централне урбанистичке зоне града (9,52 ± 3,32 %), нешто мања у рубној (9,05±1,42 %) и са незнатним разликама у приградској (8,74± 2,64 %) и спољној урбанистичкој зони града (8,30±3,17 %).

Највиша средња вредност фракција глине (<0,002 mm) измерена је у површинским слојевима истражених земљишта приградске урбанистичке зоне града (23,86±7,75 %), затим рубне (23,80±5,72 %), спољне (23,60±12,74 %), а најнижа вредност измерена је у површинским слојевима и истражених земљишта централне урбанистичке зоне града (22,70±7,99 %).

Табела 15. Статистичке вредности за средње разлике физичких карактеристика површинских слојева земљишта (0-10 cm) различитих урбанистичких зона Београда

ФКЗ	Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
Хигроскопна вода	Централна зона	26	2,3742	0,82778	0,16234	2,0399	2,7086	0,93	5,10
	Приградска зона	23	2,5674	0,87860	0,18320	2,1875	2,9473	1,12	4,25
	Спољна зона	8	2,5975	1,52623	0,53960	1,3215	3,8735	0,45	4,62
	Рубна зона	6	2,9433	0,71017	0,28993	2,1981	3,6886	2,22	4,26
	Укупно	63	2,5273	0,93898	0,11830	2,2908	2,7638	0,45	5,10
Груби песак (2,0-0,2 mm)	Централна зона	26	8,2346	7,04403	1,38145	5,3895	11,0798	0,80	28,70
	Приградска зона	23	7,4478	7,12109	1,48485	4,3684	10,5272	0,20	23,80
	Спољна зона	8	6,6625	8,36454	2,95731	-0,3304	13,6554	0,10	21,60
	Рубна зона	6	1,3500	1,83603	0,74956	-0,5768	3,2768	0,00	4,30
	Укупно	63	7,0921	7,06975	0,89070	5,3116	8,8726	0,00	28,70
Фини песак (0,2-0,06 mm)	Централна зона	26	29,4692	8,42865	1,65300	26,0648	32,8736	11,20	48,00
	Приградска зона	23	25,4478	11,18716	2,33268	20,6101	30,2855	10,60	55,20
	Спољна зона	8	29,8000	22,45185	7,93793	11,0298	48,5702	5,60	64,80
	Рубна зона	6	15,1000	6,98627	2,85213	7,7684	22,4316	5,60	23,60
	Укупно	63	26,6746	12,32732	1,55310	23,5700	29,7792	5,60	64,80
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Централна зона	26	12,9577	4,11069	0,80617	11,2974	14,6180	6,10	21,30
	Приградска зона	23	15,0826	4,63795	0,96708	13,0770	17,0882	7,50	25,00
	Спољна зона	8	14,9500	8,04984	2,84605	8,2202	21,6798	0,80	25,10
	Рубна зона	6	21,5333	4,38528	1,79028	16,9313	26,1354	14,60	27,60
	Укупно	63	14,8032	5,39970	0,68030	13,4433	16,1631	0,80	27,60

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

ФКЗ	Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Централна зона	26	17,3423	4,44731	0,87219	15,5460	19,1386	8,50	23,70
	Приградска зона	23	19,4261	5,15181	1,07423	17,1983	21,6539	8,10	29,20
	Спољна зона	8	16,6875	8,32628	2,94379	9,7266	23,6484	3,30	27,10
	Рубна зона	6	29,1667	2,03437	0,83053	27,0317	31,3016	25,90	31,40
	Укупно	63	19,1460	6,11921	0,77095	17,6049	20,6871	3,30	31,40
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	Централна зона	26	9,5192	3,31675	0,65047	8,1796	10,8589	4,20	23,10
	Приградска зона	23	8,7391	2,63641	0,54973	7,5991	9,8792	2,80	13,60
	Спољна зона	8	8,3000	3,16183	1,11787	5,6566	10,9434	3,30	9,60
	Рубна зона	6	9,0500	1,41810	0,57894	7,5618	10,5382	6,40	10,20
	Укупно	63	9,0349	2,89717	0,36501	8,3053	9,7646	2,80	23,10
Глина (<0,002 mm)	Централна зона	26	22,7000	7,99385	1,56772	19,4712	25,9288	6,10	45,10
	Приградска зона	23	23,8565	7,75059	1,61611	20,5049	27,2081	5,80	37,40
	Спољна зона	8	23,6000	12,73690	4,50317	12,9517	34,2483	6,20	36,40
	Рубна зона	6	23,8000	5,72014	2,33524	17,7971	29,8029	14,90	30,80
	Укупно	63	23,3413	8,26664	1,04150	21,2593	25,4232	5,80	45,10

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

Тест хомогености варијансе показао је да она није потврђена код хигроскопне воде ($Sig.=0,11$), фракције груби песак ($Sig.=0,43$), фракције фини прах 1 ($Sig.=0,19$) и фракције глине $<0,002$ mm ($Sig.=0,25$) на нивоу 0,05, а фракција финог песка ($Sig.=0,003$) на нивоу 0,01 (Табела 16). Статистичке значајне разлике средњих вредности физичких карактеристика површинских слојева истражених земљишта (0-10 cm) у односу на степен урбанизације (припадност различитим урбанистичким зонама града) за физичке карактеристике истражених земљишта Београда, вредноваће се на основу резултата добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 17).

Табела 16. Статистичке вредности теста хомогености варијансе физичких карактеристика површинских слојева (0-10 cm) земљишта Београда у односу на степен урбанизације града

Физичке карактеристике земљишта	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Хигроскопна вода	4,023	3	59	0,011
Груби песак (2,0-0,2 mm)	2,881	3	59	0,043
Фини песак (0,2-0,06 mm)	5,306	3	59	0,003
Груби прах (0,06-0,02 mm)	1,803	3	59	0,156
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	3,566	3	59	0,019
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	0,460	3	59	0,711
Глина (<0,002 mm)	3,360	3	59	0,025

Табела 17. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности физичких карактеристика површинских слојева (0-10 cm) земљишта у односу на степен урбанизације Београда

Физичке карактеристике земљишта	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Хигроскопна вода	0,927	3	16,202	0,450
Груби песак (2,0-0,2 mm)	8,804	3	22,770	0,000
Фини песак (0,2-0,06 mm)	5,943	3	16,419	0,006
Груби прах (0,06-0,02 mm)	5,956	3	15,552	0,007
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	34,797	3	19,758	0,000
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	0,394	3	19,599	0,759
Глина (<0,002 mm)	0,096	3	16,870	0,961

a. асимптотскау F дистрибуција.

Једнофакторска анализа варијансе показује да постоји статистички значајна разлика у присуству фракције груби прах ($Sig.=0,004$; $p<0,01$) у површинским слојевима земљишта у односу на степен урбанизације града. С обзиром да је хомогеност варијансе била нарушена за хигроскопну воду, фракција груби песак, фини песак и фини прах 1, статистички значајне разлике вредноваће се на основу резултата теста хомогености варијансе (*Welch - Robust Tests*). Утврђено је да постоје статистички значајне разлике за средње вредности фракција: грубог песка ($Sig.=0,000$; $p<0,01$), финог песка ($Sig.=0,006$; $p<0,01$) и фини праха 1 ($Sig.=0,000$; $p<0,01$) у површинским слојевима истражених земљишта Београда у односу на степен урбанизације града (Табела 18).

Табела 18. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлике средњих вредности физичких карактеристика површинских слојева (0-10 cm) земљишта у односу на степен урбанизације Београда

Физичке карактеристике земљишта	Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.	
Хигроскопна вода	Између група	1,724	3	0,575	0,640	0,592
	Унутар група	52,941	59	0,897		
	Укупно	54,665	62			
Груби песак (2,0-0,2 mm)	Између група	236,156	3	78,719	1,622	0,194
	Унутар група	2862,690	59	48,520		
	Укупно	3098,846	62			
Фини песак (0,2-0,06 mm)	Између група	1119,647	3	373,216	2,652	0,057
	Унутар група	8302,053	59	140,713		
	Укупно	9421,699	62			
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Између група	362,290	3	120,763	4,929	0,004
	Унутар група	1445,430	59	24,499		
	Укупно	1807,719	62			
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Између група	737,227	3	245,742	9,151	0,000
	Унутар група	1584,350	59	26,853		
	Укупно	2321,577	62			
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	Између група	12,433	3	4,144	0,481	0,696
	Унутар група	507,970	59	8,610		
	Укупно	520,403	62			
Глина (<0,002 mm)	Између група	18,596	3	6,199	0,087	0,967
	Унутар група	4218,317	59	71,497		
	Укупно	4236,913	62			

Tukey HSD тест показао је да се статистички значајне разлике за фракцију фини песак јављају само између површинских слојева земљишта централне и рубне урбанистичке зоне града ($Sig.=0,046$) на нивоу 0,05. Овај тест показао је да се површински слојеви земљишта рубне урбанистичке зоне града статистички значајно разликују у погледу присуства фракције груби прах од површинских слојева земљишта централне ($Sig.=0,002$; $p<0,01$) и приградске урбанистичке зоне града ($Sig.=0,030$; $p<0,05$). Такође, *Tukey HSD* тест показао је да се у погледу присуства фракције фини прах 1 површински слојеви истражених земљишта рубне урбанистичке зоне града значајно разликују у односу на површинске слојеве земљишта централне ($Sig.=0,000$; $p<0,01$), приградске ($Sig.=0,001$; $p<0,01$) и спољне урбанистичке зоне града ($Sig.=0,000$; $p<0,01$) (Табела 19).

Табела 19. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја степена урбанизације града на физичке карактеристике површинских слојева (0-10 cm) земљишта Београда

ФКЗ	(I) Урбанистичка зона	(J) Урбанистичка зона	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
Груби песак (2,0-0,2 mm)	Централна зона	Приградска зона	0,78679	1,99392	0,979	-4,4847	6,0583
		Спољна зона	1,57212	2,81624	0,944	-5,8734	9,0177
		Рубна зона	6,88462	3,15481	0,140	-1,4561	15,2253
	Приградска зона	Централна зона	-0,78679	1,99392	0,979	-6,0583	4,4847
		Спољна зона	0,78533	2,85912	0,993	-6,7736	8,3443
		Рубна зона	6,09783	3,19316	0,235	-2,3442	14,5399
	Спољна зона	Централна зона	-1,57212	2,81624	0,944	-9,0177	5,8734
		Приградска зона	-0,78533	2,85912	0,993	-8,3443	6,7736
		Рубна зона	5,31250	3,76188	0,497	-4,6331	15,2581
	Рубна зона	Централна зона	-6,88462	3,15481	0,140	-15,2253	1,4561
		Приградска зона	-6,09783	3,19316	0,235	-14,5399	2,3442
		Спољна зона	-5,31250	3,76188	0,497	-15,2581	4,6331
Фини песак (0,2-0,06 mm)	Централна зона	Приградска зона	4,02140	3,39558	0,639	-4,9558	12,9986
		Спољна зона	-0,33077	4,79595	1,000	-13,0103	12,3487
		Рубна зона	14,36923*	5,37254	0,046	0,1654	28,5731
	Приградска зона	Централна зона	-4,02140	3,39558	0,639	-12,9986	4,9558
		Спољна зона	-4,35217	4,86899	0,808	-17,2248	8,5204
		Рубна зона	10,34783	5,43784	0,238	-4,0287	24,7243
	Спољна зона	Централна зона	0,33077	4,79595	1,000	-12,3487	13,0103
		Приградска зона	4,35217	4,86899	0,808	-8,5204	17,2248
		Рубна зона	14,70000	6,40634	0,111	-2,2370	31,6370
	Рубна зона	Централна зона	-14,36923*	5,37254	0,046	-28,5731	-0,1654
		Приградска зона	-10,34783	5,43784	0,238	-24,7243	4,0287
		Спољна зона	-14,70000	6,40634	0,111	-31,6370	2,2370
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Централна зона	Приградска зона	-2,12492	1,41684	0,444	-5,8707	1,6209
		Спољна зона	-1,99231	2,00115	0,752	-7,2829	3,2983
		Рубна зона	-8,57564*	2,24174	0,002	-14,5023	-2,6489
	Приградска зона	Централна зона	2,12492	1,41684	0,444	-1,6209	5,8707
		Спољна зона	0,13261	2,03163	1,000	-5,2386	5,5038
		Рубна зона	-6,45072*	2,26899	0,030	-12,4495	-0,4520
	Спољна зона	Централна зона	1,99231	2,00115	0,752	-3,2983	7,2829
		Приградска зона	-0,13261	2,03163	1,000	-5,5038	5,2386
		Рубна зона	-6,58333	2,67310	0,077	-13,6505	0,4838
	Рубна зона	Централна зона	8,57564*	2,24174	0,002	2,6489	14,5023
		Приградска зона	6,45072*	2,26899	0,030	0,4520	12,4495
		Спољна зона	6,58333	2,67310	0,077	0,-4838	13,6505
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Централна зона	Приградска зона	-2,08378	1,48336	0,501	-6,0055	1,8379
		Спољна зона	0,65481	2,09511	0,989	-4,8842	6,1939
		Рубна зона	-11,82436*	2,34700	0,000	-18,0293	-5,6194
	Приградска зона	Централна зона	2,08378	1,48336	0,501	-1,8379	6,0055
		Спољна зона	2,73859	2,12702	0,574	-2,8848	8,3620
		Рубна зона	-9,74058*	2,37552	0,001	-16,0210	-3,4602
	Спољна зона	Централна зона	-0,65481	2,09511	0,989	-6,1939	4,8842
		Приградска зона	-2,73859	2,12702	0,574	-8,3620	2,8848
		Рубна зона	-12,47917*	2,79861	0,000	-19,8781	-5,0802
	Рубна зона	Централна зона	11,82436*	2,34700	0,000	5,6194	18,0293
		Приградска зона	9,74058*	2,37552	0,001	3,4602	16,0210
		Спољна зона	12,47917*	2,79861	0,000	5,0802	19,8781

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

На основу резултата Ни-квадрат теста (Табела 20) може се закључити да постоји значајна разлика у заступљености текстурних класа у површинским слојевима истражених земљишта Београда између различитих урбанистичких зона града ($\chi^2=32,546$; $p=0,019$). На основу резултата истражених значајности повезаности различитих текстурних класа површинских слојева истражених земљишта у односу на степен урбанизације, односно припадности урбанистичким зонама града (Ни-квадрат теста, $\chi^2=32,546$; $p=0,019$), као и на основу вредности Крамеровог коефицијента (показује да је веза ових истражених променљивих средње јачине; $V=0,415$), утврђено је да су површински слојеви земљишта централне урбанистичке зоне града заступљени у свим текстурним класама земљишта, показујући да доминирају у класи иловача (50,0 %), као и да значајан број површинских слојева земљишта ове урбанистичке зоне града припада класи глиновитих иловача (23,1 %). Површински слојеви земљишта приградске урбанистичке зоне града, такође су заступљени у свим утврђеним текстурним класама земљишта, а доминирају у класама иловача (26,1 %), праховита иловача (21,7 %), праховито глиновита иловача (17,4 %) и глиновита иловача (17,4 %). Површински слојеви земљишта спољне урбанистичке зоне града припадају текстурним класама земљишта: праховито глиновитој иловачи (37,5 %) и иловачи (25,0 %), док земљишта рубне урбанистичке зоне града доминирају у класи праховитих иловача (66,7 %) (Табела 20).

Табела 20. Процентуална расподела текстурних класа површинских слојева земљишта различитих урбанистичких зона Београда (%)

Урбанистичка зона	Песковит а иловача	Песковито глиновита иловача	Праховита иловача	Праховито глиновита иловача	Иловача	Иловасти песак	Глиновита иловача	Укупно
Централна зона	15,4	3,8	7,7	0,0	50,0	0,0	23,1	100
Приградска зона	13,0	4,3	21,7	17,4	26,1	0,0	17,4	100
Спољна зона	12,5	0,0	0,0	37,5	25,0	12,5	12,5	100
Рубна зона	0,0	0,0	66,7	16,7	0,0	0,0	16,7	100
Укупно	12,7	3,2	17,5	12,7	33,3	1,6	19,0	100

Значајност Ни-квадрат теста за повезаност текстурне класе и урбанистичке зоне у површинском слоју

	χ^2	df	p	Крамеров V
Површински слој (0-10 cm)	32,546	18	0,019	0,415

Статистичке вредности средњих разлика физичких карактеристика доњих слојева истражених земљишта Београда (10-40 cm) у односу на припадност различитим урбанистичким зонама града приказане су у Табели 21. Као и у површинским слојевима истражених земљишта, највише средње вредности хигроскопне воде доњих слојева истражених земљишта утврђене су у опадајућем низу: рубна ($2,92\pm 0,62$ %), приградска ($2,45\pm 0,81$ %), централна ($2,42\pm 0,90$ %), и спољна ($3,63\pm 1,07$ %).

Највиша средња вредност процентуалног учешћа фракције грубог песка измерена је у доњим слојевима земљишта приградске урбанистичке зоне града са вредношћу од $7,51\pm 7,49$ %, затим следе средње вредности у доњим слојевима земљиштима централне ($6,93\pm 4,22$ %), спољне ($6,55\pm 8,49$ %), док је најнижа измерена у доњим слојевима земљиштима рубне урбанистичке зоне града ($1,27\pm 1,24$ %). Средње вредности фракције финог песка у доњим слојевима земљишта измерене су у опадајућем низу: спољна ($32,75\pm 27,91$ %), централна ($27,04\pm 9,58$ %), приградска ($24,10\pm 11,34$ %) и рубна урбанистичка зона града ($12,72\pm 3,31$ %).

Средње вредности фракција грубог праха измерене су у истоветном низу као и у површинском слоју земљишта: рубна ($19,92\pm 3,01$ %), приградска ($14,94\pm 5,31$ %), спољна ($14,64\pm 7,09$ %) и централна урбанистичка зона града ($12,85\pm 4,52$ %). Највише средње вредности фракције финог праха 1 у доњим слојевима земљишта забележене су као и фракција грубог праха: највиша средња вредност утврђена је у доњим слојевима земљиштима рубне ($27,52\pm 3,64$ %), затим спољне ($18,98\pm 3,34$ %), централне ($16,98\pm 3,34$ %), а најнижа у доњим слојевима земљишта приградске урбанистичке зоне града ($15,74\pm 8,24$ %). За разлику од

површинских слоја истражених земљишта Београда највиша средња вредност фракције финог праха 2 у доњим слојевима истражених земљишта, измерена је у доњем слоју земљиштима рубне урбанистичке зоне града ($11,45 \pm 5,16$ %), затим централне ($9,26 \pm 2,17$ %), приградске ($8,87 \pm 2,08$ %), а најнижа у доњим слојевима истражених земљишта спољне урбанистичке зоне града ($6,90 \pm 3,14$ %).

Средња вредност фракције глине у доњим слојевима истражених земљишта такође не прате њене средње вредности из површинских слоја, тако да је она овде измерена у следећем опадајућем низу: рубна ($27,13 \pm 6,42$ %), централна ($27,01 \pm 10,13$ %), приградска ($25,60 \pm 8,77$ %) и спољна урбанистичка зона града ($23,43 \pm 13,83$ %).

Табела 21. Статистичке вредности за средње разлике физичких карактеристика доњих слојева земљишта (10-40 cm) различитих урбанистичких зона Београда

ФКЗ	Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
Хигроскопна вода	Централна зона	26	2,4238	0,89662	0,17584	2,0617	2,7860	1,18	5,52
	Приградска зона	23	2,4457	0,80512	0,16788	2,0975	2,7938	1,22	4,32
	Спољна зона	8	2,3900	1,57428	0,55659	1,0739	3,7061	0,40	4,65
	Рубна зона	6	2,9200	0,62405	0,25477	2,2651	3,5749	2,34	4,08
	Укупно	63	2,4748	0,94176	0,11865	2,2376	2,7119	0,40	5,52
Груби песак (2,0-0,2 mm)	Централна зона	26	6,9346	4,22052	0,82771	5,2299	8,6393	0,80	17,80
	Приградска зона	23	7,5130	7,48764	1,56128	4,2751	10,7509	0,00	23,20
	Спољна зона	8	6,5500	8,48764	3,00083	-0,5458	13,6458	0,00	25,70
	Рубна зона	6	1,2667	1,23720	0,50509	-0,0317	2,5650	0,30	3,30
	Укупно	63	6,5571	6,20007	0,78114	4,9957	8,1186	0,00	25,70
Фини песак (0,2-0,06 mm)	Централна зона	26	27,0423	9,58178	1,87914	23,1721	30,9125	8,00	50,80
	Приградска зона	23	24,0957	11,34206	2,36498	19,1910	29,0003	8,10	53,20
	Спољна зона	8	32,7500	27,90929	9,86742	9,4172	56,0828	6,60	83,40
	Рубна зона	6	12,7167	3,30903	1,35091	9,2441	16,1893	7,90	15,70
	Укупно	63	25,3270	13,99248	1,76289	21,8030	28,8509	6,60	83,40
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Централна зона	26	12,8515	4,52341	0,88711	11,0245	14,6786	5,40	21,50
	Приградска зона	23	14,9435	5,30633	1,10645	12,6489	17,2381	7,10	24,00
	Спољна зона	8	14,6375	7,09465	2,50834	8,7062	20,5688	3,20	25,40
	Рубна зона	6	19,9167	3,01225	1,22975	16,7555	23,0778	15,50	24,10
	Укупно	63	14,5149	5,35822	0,67507	13,1655	15,8644	3,20	25,40
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Централна зона	26	16,9792	3,33512	0,65407	15,6321	18,3263	9,20	23,80
	Приградска зона	23	18,9783	5,14843	1,07352	16,7519	21,2046	7,30	26,70
	Спољна зона	8	15,7375	8,23597	2,91186	8,8521	22,6229	3,40	27,20
	Рубна зона	6	27,5167	3,64440	1,48782	23,6921	31,3412	21,90	31,70
	Укупно	63	18,5549	5,70300	0,71851	17,1186	19,9912	3,40	31,70
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	Централна зона	26	9,2577	2,17388	0,42633	8,3796	10,1357	5,10	13,60
	Приградска зона	23	8,8652	2,07881	0,43346	7,9663	9,7642	3,10	13,80
	Спољна зона	8	6,9000	3,14188	1,11082	4,2733	9,5267	1,30	10,10
	Рубна зона	6	11,4500	5,15703	2,10535	6,0380	16,8620	7,70	21,80
	Укупно	63	9,0238	2,80752	0,35371	8,3167	9,7309	1,30	21,80
Глина (<0,002 mm)	Централна зона	26	27,0115	10,12791	1,98625	22,9208	31,1023	7,50	53,00
	Приградска зона	23	25,6043	8,77307	1,82931	21,8106	29,3981	6,10	36,80
	Спољна зона	8	23,4250	13,83254	4,89054	11,8607	34,9893	3,70	40,30
	Рубна зона	6	27,1333	6,42329	2,62230	20,3925	33,8742	16,20	34,90
	Укупно	63	26,0540	9,75017	1,22841	23,5984	28,5095	3,70	53,00

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

Тест хомогености варијансе показао је да она није потврђена за хигроскопну воду ($Sig.=0,018$; $p<0,05$), фракције груби песка ($Sig.=0,007$; $p<0,01$), фини песок ($Sig.=0,000$; $p<0,01$), фини прах 1 ($Sig.=0,004$; $p<0,01$) и фини прах 2 ($Sig.=0,042$; $p<0,05$) (Табела 22), тако да ће се статистички значајне разлике средњих вредности физичких карактеристика доњих слојева истражених земљишта (10-40 cm) у односу на степен урбанизације (припадност различитим урбанистичким зонама града) за ове карактеристике земљишта вредновати на основу резултата добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 23).

Табела 22. Статистичке вредности теста хомогености варијансе физичких карактеристика доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда у односу на степен урбанизације града

Физичке карактеристике земљишта	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Хигроскопна вода	3,613	3	59	0,018
Груби песок (2,0-0,2 mm)	4,423	3	59	0,007
Фини песок (0,2-0,06 mm)	8,295	3	59	0,000
Груби прах (0,06-0,02 mm)	1,866	3	59	0,145
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	5,018	3	59	0,004
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	2,904	3	59	0,042
Глина (<0,002 mm)	1,674	3	59	0,182

Табела 23. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности физичких карактеристика доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда

Физичке карактеристике земљишта	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Хигроскопна вода	0,931	3	16,726	0,448
Груби песок (2,0-0,2 mm)	13,811	3	22,514	0,000
Фини песок (0,2-0,06 mm)	14,594	3	21,309	0,000
Груби прах (0,06-0,02 mm)	6,761	3	17,654	0,003
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	13,242	3	15,536	0,000
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	1,641	3	14,630	0,223
Глина (<0,002 mm)	0,222	3	17,262	0,880

a. асимптотскау F дистрибуција.

Једнофакторска анализа варијансе показује да постоје статистички значајне разлике у доњим слојевима земљишта у односу на степен урбанизације града за фракцију груби прах ($Sig.=0,029$; $p<0,05$). Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) показује да постоји статистички значајна разлика у доњим слојевима земљишта у односу на степен урбанизације града за фракцију груби песок ($Sig.=0,000$; $p<0,01$), фини песок ($Sig.=0,000$; $p<0,01$) и фини прах 1 ($Sig.=0,001$; $p<0,01$) (Табела 24).

Табела 24. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлике средњих вредности физичких карактеристика доњих слојева (10-40 cm) земљишта у односу на степен урбанизације града

Физичке карактеристике земљишта	Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
Хигроскопна вода	Између група	1,334	3	0,445	0,489
	Унутар група	53,655	59	0,909	
	Укупно	54,988	62		
Груби песок (2,0-0,2 mm)	Између група	192,656	3	64,219	1,730
	Унутар група	2190,678	59	37,130	
	Укупно	2383,334	62		
Фини песок (0,2-0,06 mm)	Између група	1506,303	3	502,101	2,786
	Унутар група	10632,641	59	180,214	
	Укупно	12138,944	62		

Физичке карактеристике земљишта		Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Између група	251,355	3	83,785	3,234	0,029
	Унутар група	1528,694	59	25,910		
	Укупно	1780,050	62			
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Између група	614,055	3	204,685	8,611	0,000
	Унутар група	1402,443	59	23,770		
	Укупно	2016,498	62			
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	Између група	73,404	3	24,468	3,476	0,021
	Унутар група	415,291	59	7,039		
	Укупно	488,694	62			
Глина (<0,002 mm)	Између група	90,772	3	30,257	0,308	0,820
	Унутар група	5803,304	59	98,361		
	Укупно	5894,077	62			

Tukey HSD тест за фракцију земљишта фини песак показује да значајне разлике постоје између доњих слојева истражених земљишта спољне и рубне урбанистичке зоне града ($Sig.=0,037$) на нивоу 0,05. За фракцију земљишта груби прах овај тест такође показује да значајне разлике на нивоу 0,05, постоје између доњих слојева земљишта централне и рубне урбанистичке зоне града ($Sig.=0,017$). За фракцију земљишта фини прах 1 *Tukey HSD* тест показао је да се доњи слојеви земљишта рубне урбанистичке зоне града статистички значајно разликују од оних који припадају централној ($Sig.=0,000$), приградској ($Sig.=0,002$) и спољној урбанистичкој зони града ($Sig.=0,000$) на нивоу 0,01. Доњи слојеви земљишта спољне и рубне урбанистичке зоне града ($Sig.=0,012$) значајно се разликују и у присуству фракције фини прах 2, на нивоу 0,05 (Табела 25). Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) и тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) показали су да постоје статистички значајне разлике у присуству фракција земљишта груби песак у доњим слојевима истраживаних земљишта Београда, што указује да глобални ефекат постоји, међутим те разлике су исувише мале тако да *Tukey HSD* тест не успева да покаже значајност у односу на степен урбанизације града. На основу разлике аритметичких средина (I-J) може се закључити да се доњи слојеви земљишта рубне урбанистичке зоне града највише разликују у присуству фракције грубог песка од доњих слојева истражених земљишта централне (I-J=5,66795), приградске (I-J=6,24638) и спољне урбанистичке зоне града (I-J=5,28333).

Табела 25. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја степена урбанизације града на физичке карактеристике доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда

ФКЗ	(I) Урбанистичка зона	(J) Урбанистичка зона	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
Груби песак (2,0-0,2 mm)	Централна зона	Приградска зона	-0,57843	1,74426	0,987	-5,1899	4,0330
		Спољна зона	0,38462	2,46361	0,999	-6,1286	6,8979
		Рубна зона	5,66795	2,75979	0,180	-1,6284	12,9643
	Приградска зона	Централна зона	0,57843	1,74426	0,987	-4,0330	5,1899
		Спољна зона	0,96304	2,50112	0,980	-5,6494	7,5755
		Рубна зона	6,24638	2,79333	0,125	-1,1386	13,6314
	Спољна зона	Централна зона	-0,38462	2,46361	0,999	-6,8979	6,1286
		Приградска зона	-0,96304	2,50112	0,980	-7,5755	5,6494
		Рубна зона	5,28333	3,29084	0,383	-3,4170	13,9836
	Рубна зона	Централна зона	-5,66795	2,75979	0,180	-12,9643	1,6284
		Приградска зона	-6,24638	2,79333	0,125	-13,6314	1,1386
		Спољна зона	-5,28333	3,29084	0,383	-13,9836	3,4170

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

ФКЗ	(I) Урбанистичка зона	(J) Урбанистичка зона	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
Фини песак (0,2-0,06 mm)	Централна зона	Приградска зона	2,94666	3,84275	0,869	-7,2128	13,1061
		Спољна зона	-5,70769	5,42753	0,720	-20,0570	8,6416
		Рубна зона	14,32564	6,08005	0,097	-1,7488	30,4000
	Приградска зона	Централна зона	-2,94666	3,84275	0,869	-13,1061	7,2128
		Спољна зона	-8,65435	5,51019	0,403	-23,2221	5,9135
		Рубна зона	11,37899	6,15395	0,261	-4,8908	27,6488
	Спољна зона	Централна зона	5,70769	5,42753	0,720	-8,6416	20,0570
		Приградска зона	8,65435	5,51019	0,403	-5,9135	23,2221
		Рубна зона	20,03333*	7,25000	0,037	0,8658	39,2008
	Рубна зона	Централна зона	-14,32564	6,08005	0,097	-30,4000	1,7488
		Приградска зона	-11,37899	6,15395	0,261	-27,6488	4,8908
		Спољна зона	-20,03333*	7,25000	0,037	-39,2008	-8,658
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Централна зона	Приградска зона	-2,09194	1,45707	0,483	-5,9441	1,7603
		Спољна зона	-1,78596	2,05798	0,821	-7,2268	3,6549
		Рубна зона	-7,06513*	2,30540	0,017	-13,1601	-9,701
	Приградска зона	Централна зона	2,09194	1,45707	0,483	-1,7603	5,9441
		Спољна зона	0,30598	2,08933	0,999	-5,2178	5,8297
		Рубна зона	-4,97319	2,33342	0,155	-11,1423	1,1959
	Спољна зона	Централна зона	1,78596	2,05798	0,821	-3,6549	7,2268
		Приградска зона	-0,30598	2,08933	0,999	-5,8297	5,2178
		Рубна зона	-5,27917	2,74902	0,231	-12,5470	1,9887
	Рубна зона	Централна зона	7,06513*	2,30540	0,017	0,9701	13,1601
		Приградска зона	4,97319	2,33342	0,155	-1,1959	11,1423
		Спољна зона	5,27917	2,74902	0,231	-1,9887	12,5470
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Централна зона	Приградска зона	-1,99903	1,39561	0,485	-5,6887	1,6907
		Спољна зона	1,24173	1,97117	0,922	-3,9696	6,4531
		Рубна зона	-10,53744*	2,20815	0,000	-16,3753	-4,6995
	Приградска зона	Централна зона	1,99903	1,39561	0,485	-1,6907	5,6887
		Спољна зона	3,24076	2,00119	0,376	-2,0500	8,5315
		Рубна зона	-8,53841*	2,23499	0,002	-14,4473	-2,6295
	Спољна зона	Централна зона	-1,24173	1,97117	0,922	-6,4531	3,9696
		Приградска зона	-3,24076	2,00119	0,376	-8,5315	2,0500
		Рубна зона	-11,77917*	2,63306	0,000	-18,7404	-4,8179
	Рубна зона	Централна зона	10,53744*	2,20815	0,000	4,6995	16,3753
		Приградска зона	8,53841*	2,23499	0,002	2,6295	14,4473
		Спољна зона	11,77917*	2,63306	0,000	4,8179	18,7404

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

На основу резултата истражених значајности повезаности различитих текстурних класа истражених доњих слојева земљишта у односу на степен урбанизације, односно припадности урбанистичким зонама града (Нi-квадрат теста, $\chi^2=49,050$; $p=0,000$), као и на основу вредности Крамеров коефицијента (показује да је веза ових истражених провенљивих средње јачине; $V=0,509$), утврђено је да су површински слојеви земљишта централне урбанистичке зоне града заступљени у класи иловача са 46,2 %, као и да значајан број доњих слојева истражених земљишта овде припада класи глиновитих иловача (26,9 %). Доњи слојеви земљишта приградске урбанистичке зоне заступљени су у свим текстурним класама, међутим највише доминирају у класама песковитих иловача (21,7 %), праховито глиновитих иловача (30,4 %) и глиновитих иловача (26,1 %). Доњи слојеви земљишта спољне урбанистичке зоне града са по 25 % заступљени су у земљиштима текстурних класа: песковита иловача, праховита глиновита иловача и иловача, док са по 12,5 % земљишта ових слојева припадају текстурним класама песка и праховите глине. Доњи слојеви земљишта рубне урбанистичке зоне града доминирају са 66,7 % у текстурној класи праховито глиновитим иловачама, а са 33,3 % јављају се у класи праховитих иловача (Табела 26).

Табела 26. Процентуална расподела текстурних класа доњих слојева земљишта различитих урбанистичких зона Београда (%)

Урбанистичка зона	Песак	Песковита иловача	Праховита иловача	Праховито глиновита иловача	Праховита глина	Иловача	Глиновита иловача	Глина	Укупно
Централна зона	0,0	7,7	7,7	0,0	0,0	46,2	26,9	11,5	100,0
Приградска зона	0,0	21,7	4,3	30,4	0,0	17,4	26,1	0,0	100,0
Спољна зона	12,5	25,0	0,0	25,0	12,5	25,0	0,0	0,0	100,0
Рубна зона	0,0	0,0	33,3	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Укупно	1,6	14,3	7,9	20,6	1,6	28,6	20,6	4,8	100,0

Значајност χ^2 -квадрат теста за повезаност текстурне класе и урбанистичке зоне у доњем слоју

Површински слој (0-10 cm)	χ^2	df	p	Крамеров V
	49,050	21	0,000	0,509

4.2.2. Варијабилности хемијских карактеристика земљишта у односу на степен урбанизације града

Варијабилности хемијских карактеристика истражених земљишта Београда (земљишта паркова, индустријских комплекса/зона, уз саобраћајна чворишта и урбаних шума) у односу на степен урбанизације Београда, односно припадности урбанистичкој зони града (централна, приградска, спољна и рубна) испитана је у површинским (0-10 cm) и доњим (10-40 cm) слојевима земљишта. Статистички параметри средњих разлика вредности истражених хемијских карактеристика површинских слојева земљишта (0-10 cm) истражених земљишта Београда у односу на степен урбанизације приказане су у Табели 27.

Највиша средња pH_{H_2O} вредност у води измерена је у површинским слојевима земљишта централне урбанистичке зоне града ($8,33 \pm 0,34$), а нешто нижа у површинским слојевима земљишта приградске ($8,24 \pm 0,53$), спољне ($7,72 \pm 1,09$), а најнижа у површинским слојевима земљиштима рубне урбанистичке зоне града ($6,03 \pm 1,29$). Средња вредност pH_{Ca} прати средње вредности pH_{H_2O} тако да је и овде измерена у истоветном опадајућем низу: најнижа је била у површинским слојевима земљиштима централне ($7,35 \pm 0,17$), затим приградске ($7,23 \pm 0,29$), спољне ($6,76 \pm 0,98$), а најнижа у површинским слојевима земљиштима рубне урбанистичке зоне града ($5,28 \pm 1,46$).

Очекивано присуство $CaCO_3$ прати реакцију земљишта тако да је и овде његова највиша средња вредност измерена у површинским слојевима земљишта централне ($8,19 \pm 6,80$ %), затим приградске ($4,67 \pm 4,43$ %), спољне ($4,39 \pm 4,37$ %), а најнижа рубне урбанистичке зоне града ($0,05 \pm 0,13$ %).

Највиша средња вредност хумуса измерена је у површинским слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне града ($4,55 \pm 1,09$ %), затим централне ($4,49 \pm 1,52$ %), приградске ($4,21 \pm 1,60$ %), а најнижа је измерена у површинским слојевима земљишта спољне урбанистичке зоне града ($3,00 \pm 1,29$ %). Средња вредности процентуалног присуства ТС прати присуство хумуса тако да је његова највиша вредност измерена у површинским слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне града ($2,64 \pm 0,66$ %), затим централне ($2,60 \pm 0,88$ %), приградске ($2,44 \pm 0,93$ %), а најнижа средња вредност измерена је у површинским слојевима земљишта спољне урбанистичке зоне града ($1,74 \pm 0,75$ %). У земљиштима рубне урбанистичке зоне града ($2,63 \pm 0,63$ %) такође је измерена највиша средња вредност ОС, а даље у опадајућем низу у површинским слојевима земљишта су средње вредности: приградске ($1,91 \pm 1,07$ %), централне ($1,72 \pm 1,17$ %) и спољне урбанистичке зоне града ($1,23 \pm 0,86$ %). Присуство TN прати присуство хумуса и ТС, тако да је његово највеће присуство утврђено у површинским слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне града ($0,22 \pm 0,03$ %), затим нешто мање централне ($0,20 \pm 0,07$ %), приградске ($0,20 \pm 0,05$ %), а најмање у површинским слојевима земљишта спољне урбанистичке зоне града ($0,15 \pm 0,10$ %). Однос C/N у истраживаним површинским

слојевима земљишта забележен је у опадајућем низу и то: централна урбанистичка зона града (12,82±4,97), рубна (12,19±2,72%), приградска (12,09±3,17) и спољна урбанистичка зона града (7,87±4,95).

Највиша средња вредност лако приступачног облика Р измерена је у површинским слојевима истражених земљишта централне урбанистичке зоне града (65,44±114,82 mg/100g), а нижа у површинским слојевима земљишта приградске (38,58±51,78 mg/100g). У површинским слојевима земљишта спољне (13,25±17,55 mg/100g) и рубне (7,25±8,07 mg/100g) урбанистичке зоне забележене су знатно ниже средње вредности концентрација Р. Средње вредности концентрација К измерене су у истоветном низу као и средње вредности концентрација Р с тим што су разлике у његовим средњим вредностима биле знатно мање, а кретале су се од највише у површинским слојевима земљишта централне (35,78±21,58 mg/100g) до најниже у површинским слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне града (15,33±6,27 mg/100g).

Табела 27. Статистичке вредности за средње разлике хемијских карактеристика површинских слојева истражених земљишта (0-10 cm) различитих урбанистичких зона Београда

ХКЗ	Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
pH _{ндо}	Централна зона	26	8,3338	0,33892	0,06647	8,1970	8,4707	7,58	9,12
	Приградска зона	23	8,2404	0,52658	0,10980	8,0127	8,4681	7,20	9,21
	Спољна зона	8	7,7187	1,09199	0,38608	6,8058	8,6317	5,72	8,80
	Рубна зона	6	6,0317	1,29085	0,52699	4,6770	7,3863	4,48	7,41
	Укупно	63	8,0024	0,93115	0,11731	7,7679	8,2369	4,48	9,21
pH _{сa}	Централна зона	26	7,3535	0,17479	0,03428	7,2829	7,4241	7,01	7,63
	Приградска зона	23	7,2348	0,29119	0,06072	7,1089	7,3607	6,62	7,69
	Спољна зона	8	6,7588	0,98130	0,34694	5,9384	7,5791	4,88	7,53
	Рубна зона	6	5,2767	1,46210	0,59690	3,7423	6,8111	3,69	6,86
	Укупно	63	7,0368	0,83061	0,10465	6,8276	7,2460	3,69	7,69
CaCO ₃ (%)	Централна зона	26	8,1877	6,79959	1,33351	5,4413	10,9341	1,31	26,41
	Приградска зона	23	4,6670	4,42949	0,92361	2,7515	6,5824	0,00	16,03
	Спољна зона	8	4,3850	4,37171	1,54563	0,7302	8,0398	0,00	12,20
	Рубна зона	6	0,0533	0,13064	0,05333	-0,0838	0,1904	0,00	0,32
	Укупно	63	5,6448	5,83617	0,73529	4,1749	7,1146	0,00	26,41
Хумус (%)	Централна зона	26	4,4896	1,52344	0,29877	3,8743	5,1049	1,34	8,35
	Приградска зона	23	4,2057	1,59681	0,33296	3,5151	4,8962	2,07	8,50
	Спољна зона	8	3,0025	1,29211	0,45683	1,9223	4,0827	0,98	4,15
	Рубна зона	6	4,5483	1,08925	0,44468	3,4052	5,6914	3,00	5,70
	Укупно	63	4,2027	1,53516	0,19341	3,8161	4,5893	0,98	8,50
ТС (%)	Централна зона	26	2,6035	0,88421	0,17341	2,2463	2,9606	0,77	4,84
	Приградска зона	23	2,4404	0,92682	0,19326	2,0396	2,8412	1,20	4,93
	Спољна зона	8	1,7425	0,74835	0,26458	1,1169	2,3681	0,57	2,41
	Рубна зона	6	2,6383	0,63190	0,25797	1,9752	3,3015	1,74	3,30
	Укупно	63	2,4379	0,89066	0,11221	2,2136	2,6622	0,57	4,93
ОС (%)	Централна зона	26	1,7177	1,17242	0,22993	1,2441	2,1912	0,00	4,20
	Приградска зона	23	1,9070	1,07055	0,22322	1,4440	2,3699	0,00	4,18
	Спољна зона	8	1,2250	0,85525	0,30238	0,5100	1,9400	0,00	2,28
	Рубна зона	6	2,6317	0,63335	0,25857	1,9670	3,2963	1,74	3,30
	Укупно	63	1,8113	1,09198	0,13758	1,5363	2,0863	0,00	4,20
ТN (%)	Централна зона	26	0,2015	0,06921	0,01357	0,1736	0,2295	0,00	0,31
	Приградска зона	23	0,2013	0,05277	0,01100	0,1785	0,2241	0,11	0,30
	Спољна зона	8	0,1513	0,09628	0,03404	0,0708	0,2317	0,00	0,23
	Рубна зона	6	0,2167	0,03386	0,01382	0,1811	0,2522	0,18	0,27
	Укупно	63	0,1965	0,06619	0,00834	0,1798	0,2132	0,00	0,31

ХКЗ	Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
ОС (%)	Централна зона	26	1,7177	1,17242	0,22993	1,2441	2,1912	0,00	4,20
	Приградска зона	23	1,9070	1,07055	0,22322	1,4440	2,3699	0,00	4,18
	Спољна зона	8	1,2250	0,85525	0,30238	0,5100	1,9400	0,00	2,28
	Рубна зона	6	2,6317	0,63335	0,25857	1,9670	3,2963	1,74	3,30
	Укупно	63	1,8113	1,09198	0,13758	1,5363	2,0863	0,00	4,20
ТН (%)	Централна зона	26	0,2015	0,06921	0,01357	0,1736	0,2295	0,00	0,31
	Приградска зона	23	0,2013	0,05277	0,01100	0,1785	0,2241	0,11	0,30
	Спољна зона	8	0,1513	0,09628	0,03404	0,0708	0,2317	0,00	0,23
	Рубна зона	6	0,2167	0,03386	0,01382	0,1811	0,2522	0,18	0,27
	Укупно	63	0,1965	0,06619	0,00834	0,1798	0,2132	0,00	0,31
С/Н	Централна зона	26	12,8250	4,97257	0,97520	10,8165	14,8335	0,00	25,00
	Приградска зона	23	12,0891	3,17088	0,66117	10,7179	13,4603	8,93	22,40
	Спољна зона	8	7,8738	4,95091	1,75041	3,7347	12,0128	0,00	12,27
	Рубна зона	6	12,1933	2,71903	1,11004	9,3399	15,0468	9,65	17,39
	Укупно	63	11,8675	4,40145	0,55453	10,7590	12,9760	,00	25,00
Р (mg/100g)	Централна зона	26	65,4396	114,82390	22,51882	19,0612	111,8180	0,52	558,74
	Приградска зона	23	38,5765	51,77896	10,79666	16,1856	60,9674	1,88	224,95
	Спољна зона	8	13,2462	17,55274	6,20583	-1,4282	27,9207	1,09	54,72
	Рубна зона	6	7,2500	8,07248	3,29557	-1,2215	15,7215	1,04	23,23
	Укупно	63	43,4629	82,24258	10,36159	22,7503	64,1754	0,52	558,74
К (mg/100g)	Централна зона	26	35,7800	21,58175	4,23253	27,0629	44,4971	11,62	98,79
	Приградска зона	23	28,6061	13,97904	2,91483	22,5611	34,6511	13,93	68,44
	Спољна зона	8	16,1137	7,69928	2,72211	9,6770	22,5505	4,62	24,61
	Рубна зона	6	15,3283	6,27304	2,56096	8,7452	21,9115	10,71	26,98
	Укупно	63	28,7159	18,04953	2,27403	24,1702	33,2616	4,62	98,79

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

Тест хомогености варијансе (Табела 28) показује да она није потврђена код pH_{H_2O} (Sig.=0,000; $p<0,01$), pH_{Ca} (Sig.=0,000; $p<0,01$), $CaCO_3$ (Sig.=0,011; $p<0,05$) и лако приступачног облика К (Sig.=0,005; $p<0,05$). Статистички значајне разлике средњих вредности ових хемијских карактеристика површинских слојева истражених земљишта Београда, вредноваће се на основу резултата добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 29).

Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) показала је да постоји статистички значајна разлика за однос С/Н (Sig.=0,044; $p<0,05$), као и за pH_{H_2O} (Sig.=0,000; $p<0,01$), pH_{Ca} (Sig.=0,000; $p<0,01$), $CaCO_3$ (Sig.=0,007; $p<0,01$) и К (Sig.=0,008; $p<0,01$) у површинским слојевима земљишта различитих урбанистичких зона града (Табела 30), што потврђује и тест једнакости аритметичких средина (*Welch Robust Tests of Equality of Means*).

Табела 28. Статистичке вредности теста хомогености варијансе хемијских карактеристика површинских слојева (0-10 cm) земљишта у односу на степен урбанизације Београда

Хемијске карактеристике земљишта	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
pH_{H_2O}	15,459	3	59	0,000
pH_{Ca}	46,146	3	59	0,000
$CaCO_3$ (%)	4,017	3	59	0,011
Хумус (%)	0,246	3	59	0,864
ТС (%)	0,249	3	59	0,862
ОС (%)	1,069	3	59	0,369
ТН (%)	2,170	3	59	0,101
С/Н	1,820	3	59	0,153
Р (mg/100g)	2,598	3	59	0,061
К (mg/100g)	3,187	3	59	0,030

Табела 29. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности хемијских карактеристика површинских слојева (0-10 cm) земљишта Београда

Хемијске карактеристике земљишта	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
pH_{H2O}	6,408	3	13,859	0,006
pH_{Ca}	5,231	3	13,566	0,013
CaCO₃ (%)	21,880	3	21,973	0,000
Хумус (%)	2,610	3	18,026	0,083
ТС (%)	2,608	3	18,033	0,083
ОС (%)	4,247	3	19,311	0,018
TN (%)	1,032	3	18,159	0,402
C/N	1,954	3	17,174	0,159
P (mg/100g)	4,373	3	26,955	0,012
K (mg/100g)	8,522	3	23,028	0,001

a. асимптотскау F дистрибуција.

Табела 30. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлика средњих вредности хемијских карактеристика површинских слојева (0-10 cm) земљишта у односу на степен урбанизације Београда

Хемијске карактеристике земљишта	Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.	
pH_{H2O}	Између група	28,106	3	9,369	21,549	0,000
	Унутар група	25,650	59	0,435		
	Укупно	53,756	62			
pH_{Ca}	Између група	22,716	3	7,572	22,272	0,000
	Унутар група	20,059	59	0,340		
	Укупно	42,774	62			
CaCO₃ (%)	Између група	390,400	3	130,133	4,460	0,007
	Унутар група	1721,376	59	29,176		
	Укупно	2111,776	62			
Хумус (%)	Између група	14,381	3	4,794	2,147	0,104
	Унутар група	131,736	59	2,233		
	Укупно	146,117	62			
ТС (%)	Између група	4,823	3	1,608	2,138	0,105
	Унутар група	44,361	59	0,752		
	Укупно	49,183	62			
ОС (%)	Између група	7,226	3	2,409	2,131	0,106
	Унутар група	66,703	59	1,131		
	Укупно	73,930	62			
TN (%)	Између група	0,020	3	0,007	1,564	0,208
	Унутар група	0,252	59	0,004		
	Укупно	0,272	62			
C/N	Између група	153,204	3	51,068	2,875	0,044
	Унутар група	1047,906	59	17,761		
	Укупно	1201,110	62			
P (mg/100g)	Између група	28279,153	3	9426,384	1,422	0,245
	Унутар група	391079,031	59	6628,458		
	Укупно	419358,184	62			
K (mg/100g)	Између група	3643,592	3	1214,531	4,328	0,008
	Унутар група	16555,104	59	280,595		
	Укупно	20198,695	62			

Tukey HSD тест показује да се активне киселости површинских слојева земљишта рубне урбанистичке зоне града статистички значајно разликују од оних у површинским слојевима земљишта централне (Sig.=0,000), приградске (Sig.=0,000) и спољне урбанистичке зоне града (Sig.=0,000). Истоветне разлике забележене су и за супституциону киселост, док су за присуство CaCO₃ у истраживаним површинским слојевима земљишта Београда забележене значајне разлике само између површинских слојева земљишта централне и рубне урбанистичке зоне града (Sig.=0,008) на нивоу 0,01. Однос C/N показује да постоји значајна разлика између површинских слојева земљишта централне и спољне урбанистичке зоне града (Sig.=0,026), на нивоу 0,05. Присуство лако приступачног облика К показује да се земљиште површинских слојева централне урбанистичке зоне града значајно разликују од оних спољне (Sig.=0,026) и рубне урбанистичке зоне града (Sig.=0,044) на нивоу 0,05 (Табела 31).

Табела 31. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике аритметичке средине утицаја степена урбанизације Београда на хемијске карактеристике површинских слојева земљишта (0-10 cm)

ХКЗ	(I) Урбанистичка зона	(J) Урбанистичка зона	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
pH _{H2O}	Централна зона	Приградска зона	0,09341	0,18874	0,960	-0,4056	0,5924
		Спољна зона	0,61510	0,26658	0,108	-0,0897	1,3199
		Рубна зона	2,30218*	0,29863	0,000	1,5127	3,0917
	Приградска зона	Централна зона	-0,09341	0,18874	0,960	-0,5924	0,4056
		Спољна зона	0,52168	0,27064	0,228	-0,1938	1,2372
		Рубна зона	2,20877*	,30226	0,000	1,4097	3,0079
	Спољна зона	Централна зона	-0,61510	0,26658	0,108	-1,3199	0,0897
		Приградска зона	-0,52168	0,27064	0,228	-1,2372	0,1938
		Рубна зона	1,68708*	0,35609	0,000	0,7456	2,6285
	Рубна зона	Централна зона	-2,30218*	0,29863	0,000	-3,0917	-1,5127
		Приградска зона	-2,20877*	0,30226	0,000	-3,0079	-1,4097
		Спољна зона	-1,68708*	0,35609	0,000	-2,6285	-0,7456
pH _{Ca}	Централна зона	Приградска зона	0,11868	0,16691	0,892	-0,3226	0,5599
		Спољна зона	0,59471	0,23574	0,067	-0,0285	1,2180
		Рубна зона	2,07679*	0,26408	0,000	1,3786	2,7750
	Приградска зона	Централна зона	-0,11868	0,16691	0,892	-0,5599	0,3226
		Спољна зона	0,47603	0,23933	0,204	-0,1567	1,1088
		Рубна зона	1,95812*	0,26729	0,000	1,2515	2,6648
	Спољна зона	Централна зона	-0,59471	0,23574	0,067	-1,2180	0,0285
		Приградска зона	-0,47603	0,23933	0,204	-1,1088	0,1567
		Рубна зона	1,48208*	0,31490	0,000	,6496	2,3146
	Рубна зона	Централна зона	-2,07679*	0,26408	0,000	-2,7750	-1,3786
		Приградска зона	-1,95812*	0,26729	0,000	-2,6648	-1,2515
		Спољна зона	-1,48208*	0,31490	0,000	-2,3146	-0,6496
CaCO ₃ (%)	Централна зона	Приградска зона	3,52074	1,54618	0,115	-,5670	7,6085
		Спољна зона	3,80269	2,18383	0,312	-1,9709	9,5763
		Рубна зона	8,13436*	2,44638	0,008	1,6666	14,6021
	Приградска зона	Централна зона	-3,52074	1,54618	0,115	-7,6085	0,5670
		Спољна зона	0,28196	2,21709	0,999	-5,5796	6,1435
		Рубна зона	4,61362	2,47612	0,255	-1,9327	11,1600
	Спољна зона	Централна зона	-3,80269	2,18383	0,312	-9,5763	1,9709
		Приградска зона	-0,28196	2,21709	0,999	-6,1435	5,5796
		Рубна зона	4,33167	2,91713	0,453	-3,3806	12,0439
	Рубна зона	Централна зона	-8,13436*	2,44638	0,008	-14,6021	-1,6666
		Приградска зона	-4,61362	2,47612	0,255	-11,1600	1,9327
		Спољна зона	-4,33167	2,91713	0,453	-12,0439	3,3806

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

ХКЗ	(I) Урбанистичка зона	(J) Урбанистичка зона	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
К (mg/100g)	Централна зона	Приградска зона	7,17391	4,79499	0,446	-5,5030	19,8509
		Спољна зона	19,66625*	6,77248	0,026	1,7612	37,5713
		Рубна зона	20,45167*	7,58670	0,044	0,3940	40,5093
	Приградска зона	Централна зона	-7,17391	4,79499	0,446	-19,8509	5,5030
		Спољна зона	12,49234	6,87562	0,276	-5,6854	30,6701
		Рубна зона	13,27775	7,67891	0,318	-7,0237	33,5792
	Спољна зона	Централна зона	-19,66625*	6,77248	0,026	-37,5713	-1,7612
		Приградска зона	-12,49234	6,87562	0,276	-30,6701	5,6854
		Рубна зона	0,78542	9,04656	1,000	-23,1318	24,7026
	Рубна зона	Централна зона	-20,45167*	7,58670	0,044	-40,5093	-0,3940
		Приградска зона	-13,27775	7,67891	0,318	-33,5792	7,0237
		Спољна зона	-0,78542	9,04656	1,000	-24,7026	23,1318

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

Статистички параметри средњих разлика вредности истражених хемијских карактеристика доњих слојева земљишта (10-40 cm) различитих урбанистичких зона Београда представљене су у Табели 32.

Средње вредности pH_{H_2O} доњих слојева истражених земљишта прате вредности које су добијене за површинске слојеве, тако да је највиша измерена вредност овде у доњим слојевима земљишта централне урбанистичке зоне града ($8,41 \pm 0,35$), затим следе средње вредности pH_{H_2O} приградске ($8,31 \pm 0,55$), спољне ($7,68 \pm 1,06$), и рубне урбанистичке зоне града ($6,20 \pm 1,34$). Као и активна киселост, средње вредности pH_{Ca} прате њене вредности из површинских слојева истражених земљишта тако да су и овде измерене у истоветном опадајућем низу: централна ($7,41 \pm 0,20$), приградска ($7,24 \pm 0,45$), спољна ($6,68 \pm 1,06$) и рубна урбанистичке зоне града ($5,26 \pm 1,25$). Средње pH вредности истражених доњих слојева земљишта различитих урбанистичких зона града расту са његовом дужином како у води тако и у $CaCl_2$. Изузетак је средња вредност pH_{Ca} у доњим слојевима земљишта спољне урбанистичке зоне града где је забележено да она незнатно опада са дужином.

Највише средње вредности $CaCO_3$ као и средње вредности реакција земљишта измерене су у доњим слојевима земљишта централне урбанистичке зоне града ($9,68 \pm 8,37$ %), док су очекивано најниже измерена у доњим слојевима земљиштима рубне урбанистичке зоне града ($0,04 \pm 0,07$ %). Такође, као и pH вредност, присуство $CaCO_3$ расте са дужином земљишта, осим у доњим слојевима земљиштима рубне урбанистичке зоне града где незнатно опада.

Средње вредности присуства хумуса у доњим слојевима истражених земљишта прате вредности које су забележене у површинским и очекивано опадају са његовом дужином. Највиша средња вредност хумуса измерена је у доњим слојевима земљишта рубне ($3,16 \pm 1,04$ %) и централне ($2,94 \pm 0,72$ %) урбанистичке зоне града, а незнатно нижа измерена је у доњим слојевима истражених земљиштима приградске ($2,81 \pm 1,29$ %) и спољне урбанистичке зоне града ($2,12 \pm 0,92$ %). Као и присуство хумуса највише средње вредност TC забележене су у доњим слојевима истражених земљиштима рубне ($1,83 \pm 0,60$ %), а најнижа у земљиштима спољне урбанистичке зоне града ($1,23 \pm 0,53$ %). Средње вредности OC такође, прате оне утврђене за површинске слојеве истражених земљишта и значајно опадају са његовом дужином, изузев у доњим слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне града, где је измерена његова највиша средња вредност ($1,83 \pm 0,60$ %). Најнижа средња вредност OC измерена је у доњим слојевима истражених земљишта централне урбанистичке зоне града ($0,81 \pm 0,66$ %). Средње вредности TN крећу се у уском распону: највиша је измерена у доњим слојевима истражених земљишта рубне ($0,16 \pm 0,03$ %), а најнижа у доњим слојевима земљишта приградске урбанистичке зоне града ($0,11 \pm 0,06$ %). И средње вредности односа C/N у

опадајућем низу утврђене су у доњим слојевима истражених земљишта: централна (13,15±5,73), приградска (12,06±6,78), рубна (11,44±1,69) и спољна урбанистичка зона града (7,47±4,90).

Средња вредност лако приступачног облика Р опада са дужином земљишта и прати средње вредности измерене у површинским слојевима истражених земљишта, тако да је овде највиша измерена средња вредност концентрације Р у доњим слојевима истражених земљиштима централне урбанистичке зоне града (65,28±139,44 mg/100g). Такође, у доњим слојевима истражених земљишта приградске урбанистичке зоне града, измерена је висока средња вредност концентрације Р (30,82±55,11 mg/100g), док су веома ниске средње вредности концентрације овог елемента измењене у доњим слојевима истражених земљишта спољне (12,71±18,38 mg/100g) и рубне (3,88±5,17 mg/100g) урбанистичке зоне града. Средње вредности лако приступачног облика К такође опадају са дужином земљишта и као и у површинским слојевима истражених земљишта највише средње вредности утврђене су у доњим слојевима земљишта централне (28,75±25,46 mg/100g) и приградске урбанистичке зоне града (19,86±8,74 mg/100g). За разлику од површинских слојева истражених земљишта, најнижа средња вредност лако приступачног облика К је измерена у доњим слојевима земљишта спољне урбанистичке зоне града (12,25±4,98 mg/100g), а нешто виша у доњим слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне града (14,55±3,77 mg/100g).

Табела 32. Статистичке вредности за средње разлике хемијских карактеристика доњих слојева земљишта (10-40 cm) различитих урбанистичких зона Београда

ХКЗ	Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
pH _{ндо}	Централна зона	26	8,4054	0,34719	0,06809	8,2652	8,5456	7,65	9,25
	Приградска зона	23	8,3057	0,59515	0,12410	8,0483	8,5630	6,88	9,38
	Спољна зона	8	7,6813	1,06061	0,37498	6,7946	8,5679	5,88	8,51
	Рубна зона	6	6,1967	1,33885	0,54658	4,7916	7,6017	4,66	7,73
	Укупно	63	8,0667	0,93420	0,11770	7,8314	8,3019	4,66	9,38
pH _{са}	Централна зона	26	7,4115	0,19766	0,03876	7,3317	7,4914	6,86	7,77
	Приградска зона	23	7,2435	0,45130	0,09410	7,0483	7,4386	5,86	7,79
	Спољна зона	8	6,6813	1,06199	0,37547	5,7934	7,5691	4,88	7,43
	Рубна зона	6	5,2617	1,25032	0,51044	3,9495	6,5738	3,89	6,46
	Укупно	63	7,0527	0,85858	0,10817	6,8365	7,2689	3,89	7,79
CaCO ₃ (%)	Централна зона	26	9,6788	8,36840	1,64118	6,2988	13,0589	1,69	34,89
	Приградска зона	23	5,6961	5,88915	1,22797	3,1494	8,2427	0,00	22,78
	Спољна зона	8	6,0987	6,68736	2,36434	0,5080	11,6895	0,00	19,81
	Рубна зона	6	0,0417	0,07055	0,02880	-0,0324	0,1157	0,00	0,17
	Укупно	63	6,8524	7,34863	0,92584	5,0017	8,7031	0,00	34,89
Хумус (%)	Централна зона	26	2,9396	0,72063	0,14133	2,6485	3,2307	1,42	4,47
	Приградска зона	23	2,8100	1,29439	0,26990	2,2503	3,3697	1,28	6,74
	Спољна зона	8	2,1238	0,92369	0,32657	1,3515	2,8960	0,53	3,34
	Рубна зона	6	3,1567	1,03776	0,42366	2,0676	4,2457	1,76	4,54
	Укупно	63	2,8094	1,03273	0,13011	2,5493	3,0695	0,53	6,74
ТС (%)	Централна зона	26	1,7046	0,41756	0,08189	1,5360	1,8733	0,82	2,59
	Приградска зона	23	1,6304	0,75048	0,15648	1,3059	1,9550	0,74	3,91
	Спољна зона	8	1,2312	0,53461	0,18901	0,7843	1,6782	0,31	1,94
	Рубна зона	6	1,8300	0,60070	0,24523	1,1996	2,4604	1,02	2,63
	Укупно	63	1,6294	0,59854	0,07541	1,4786	1,7801	0,31	3,91
ОС (%)	Централна зона	26	0,8108	0,66002	0,12944	0,5442	1,0774	0,00	1,96
	Приградска зона	23	1,0978	0,82548	0,17212	0,7409	1,4548	0,00	2,97
	Спољна зона	8	0,6163	0,61739	0,21828	0,1001	1,1324	0,00	1,44
	Рубна зона	6	1,8250	0,59916	0,24461	1,1962	2,4538	1,02	2,63
	Укупно	63	0,9875	0,76988	0,09700	0,7936	1,1814	0,00	2,97

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

ХКЗ	Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
TN (%)	Централна зона	26	0,1346	0,05109	0,01002	0,1140	0,1552	0,00	,21
	Приградска зона	23	0,1139	0,05813	0,01212	0,0888	0,1391	0,00	,21
	Спољна зона	8	0,1150	0,08036	0,02841	0,0478	0,1822	0,00	,22
	Рубна зона	6	0,1567	0,03204	0,01308	0,1230	0,1903	0,11	,19
	Укупно	63	0,1267	0,05705	0,00719	0,1123	0,1410	0,00	,22
C/N	Централна зона	26	13,1469	5,73042	1,12383	10,8324	15,4615	0,00	29,93
	Приградска зона	23	12,0609	6,77924	1,41357	9,1293	14,9924	0,00	29,28
	Спољна зона	8	7,4650	4,90179	1,73304	3,3670	11,5630	0,00	12,10
	Рубна зона	6	11,4350	1,69056	0,69017	9,6609	13,2091	9,27	13,85
	Укупно	63	11,8659	5,97590	0,75289	10,3609	13,3709	0,00	29,93
P (mg/100g)	Централна зона	26	65,2846	139,44248	27,34692	8,9626	121,6067	0,00	658,10
	Приградска зона	23	30,8161	55,11295	11,49184	6,9835	54,6487	0,46	245,72
	Спољна зона	8	12,7050	18,37759	6,49746	-2,6590	28,0690	1,00	57,07
	Рубна зона	6	3,8750	5,17226	2,11157	-1,5530	9,3030	0,97	14,37
	Укупно	63	40,1756	97,36670	12,26705	15,6541	64,6970	0,00	658,10
K (mg/100g)	Централна зона	26	28,7515	25,46181	4,99347	18,4673	39,0358	9,30	129,08
	Приградска зона	23	19,8617	8,73631	1,82165	16,0839	23,6396	9,30	46,21
	Спољна зона	8	12,2512	4,98442	1,76226	8,0842	16,4183	1,51	17,31
	Рубна зона	6	14,5533	3,77451	1,54094	10,5922	18,5144	10,71	20,82
	Укупно	63	22,0586	18,19030	2,29176	17,4774	26,6397	1,51	129,08

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

Применом теста хомогености варијансе (Табела 33) утврђено је да она није потврђена код pH_{H_2O} (Sig.=0,000; $p<0,01$), pH_{Ca} (Sig.=0,000; $p<0,01$), $CaCO_3$ (Sig.=0,035; $p<0,05$) и лако приступачних облика P (Sig.=0,048; $p<0,05$) и K (Sig.=0,029; $p<0,05$). Статистички значајне разлике средњих вредности ових хемијске карактеристика истраживаних земљишта Београда, у односу на припадност различитим урбанистичким зонама града, вредноваће се на основу резултата добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 34).

Табела 33. Статистичке вредности теста хомогености варијансе хемијских карактеристика доњих слојева (10-40 cm) земљишта у односу на степен урбанизације Београда

Хемијске карактеристике земљишта	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
pH_{H_2O}	13,673	3	59	0,000
pH_{Ca}	23,575	3	59	0,000
$CaCO_3$ (%)	3,057	3	59	0,035
Хумус (%)	1,303	3	59	0,282
ТС (%)	1,305	3	59	0,281
ОС (%)	0,266	3	59	0,850
TN (%)	0,990	3	59	0,404
C/N	1,315	3	59	0,278
P (mg/100g)	2,798	3	59	0,048
K (mg/100g)	3,222	3	59	0,029

Табела 34. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности хемијских карактеристика истражених доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда

Хемијске карактеристике земљишта	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
pH_{H2O}	5,917	3	13,831	0,008
pH_{Ca}	7,089	3	13,415	0,004
CaCO₃ (%)	19,541	3	21,911	0,000
Хумус (%)	1,805	3	15,632	0,188
ТС (%)	1,812	3	15,637	0,187
ОС (%)	5,225	3	17,241	0,010
TN (%)	1,917	3	17,910	0,163
C/N	2,437	3	23,213	0,090
P (mg/100g)	3,614	3	24,589	0,027
K (mg/100g)	5,183	3	24,241	0,007

a. асимптотскау F дистрибуција.

Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) показује да постоје статистички значајне разлике између средњих вредности ОС (Sig.=0,033; p<0,05) у доњим слојевима истражених земљишта у односу на припадност различитим урбанистичким зонама града (Табела 35), док тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) показује да постоје значајне разлике за: pH_{H2O} (Sig.=0,008; p<0,01), pH_{Ca} (Sig.=0,004; p<0,01), CaCO₃ (Sig.=0,000; p<0,01) и лако приступачних облика P (Sig.=0,027; p<0,05) и K (Sig.=0,007; p<0,01) у доњим слојевима истражених земљишта у односу на припадност различитим урбанистичким зонама града (Табела 34).

Табела 35. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) за разлике средњих вредности хемијских карактеристика доњих слојева земљишта у односу на степен урбанизације Београда

Хемијске карактеристике земљишта	Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.	
pH_{H2O}	Између група	26,466	3	8,822	18,830	0,000
	Унутар група	27,643	59	0,469		
	Укупно	54,109	62			
pH_{Ca}Cl2	Између група	24,536	3	8,179	22,795	0,000
	Унутар група	21,169	59	0,359		
	Укупно	45,704	62			
CaCO₃(%)	Између група	521,322	3	173,774	3,627	0,018
	Унутар група	2826,828	59	47,912		
	Укупно	3348,150	62			
Хумус (%)	Између група	4,925	3	1,642	1,583	0,203
	Унутар група	61,200	59	1,037		
	Укупно	66,125	62			
ТС (%)	Између група	1,657	3	0,552	1,585	0,203
	Унутар група	20,554	59	0,348		
	Укупно	22,211	62			
ОС (%)	Између група	6,403	3	2,134	4,150	0,010
	Унутар група	30,345	59	0,514		
	Укупно	36,748	62			
TN (%)	Између група	0,012	3	0,004	1,229	0,307
	Унутар група	0,190	59	0,003		
	Укупно	0,202	62			
C/N	Између група	199,598	3	66,533	1,949	0,132
	Унутар група	2014,504	59	34,144		
	Укупно	2214,102	62			

Хемијске карактеристике земљишта		Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
P (mg/100g)	Између група	32350,312	3	10783,437	1,145	0,338
	Унутар група	555426,682	59	9414,012		
	Укупно	587776,995	62			
K (mg/100g)	Између група	2383,131	3	794,377	2,585	0,062
	Унутар група	18131,853	59	307,320		
	Укупно	20514,984	62			

Применом *Tukey HSD* установљено је да се земљишта доњих слојева рубне урбанистичке зоне града статистички значајно разликују (као и код резултата *Tukey HSD* за површинске слојеве истражених земљишта), од земљишта доњих слојева централне урбанистичке зоне града (Sig.=0,000), приградске (Sig.=0,000) и спољне (Sig.=0,001) на нивоу 0,01 (Табела 36). Као и за pH_{H_2O} и за pH_{Ca} , значајне разлике утврђене су на нивоу 0,01 између истих урбанистичких зона Београда на нивоу 0,01, а између централне и спољне урбанистичке зоне града (Sig.=0,019) на нивоу 0,05. Као и у површинским слојевима истражених земљишта значајне разлике у присуству $CaCO_3$ утврђене су између централне и рубне урбанистичке зоне града (Sig.=0,016) на нивоу 0,05. Присуство ОС показује да се доњи слојеви земљишта рубне урбанистичке зоне града значајно разликују од оних централне (Sig.=0,014) и спољне урбанистичке зоне града (Sig.=0,014) на нивоу 0,05. Статистички значајне разлике (као и код резултата *Tukey HSD* за површинске слојеве истражених земљишта) постоје у погледу присуства лако приступачних облика P и K, међутим разлике између урбанистичких зона града није било могуће установити *Tukey HSD* тестом (Табела 36), с обзиром да су исувише мале. Може се закључити да разлике у доњим слојевима истражених земљишта Београда постоје (присутан глобални ефекат) између земљишта различитих урбаних зона града. На основу разлика аритметичких средина може се закључити да највећа разлика постоји између доњих слојева истражених земљишта централне и спољне урбанистичке зоне града (за P J-I=52,57962; за K J-I=16,50029) и централне и рубне урбанистичке зоне града (за P J-I=61,40962; за K J-I=14,19821), за оба елемента.

Табела 36. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја степена урбанизације града на хемијске карактеристике доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда

ХКЗ	(I) Урбанистичка зона	(J) Урбанистичка зона	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
pH_{H_2O}	Централна зона	Приградска зона	0,09973	0,19593	0,957	-0,4183	0,6177
		Спољна зона	0,72413	0,27674	0,053	-0,0075	1,4558
		Рубна зона	2,20872*	0,31001	0,000	1,3891	3,0283
	Приградска зона	Централна зона	-0,09973	0,19593	0,957	-0,6177	0,4183
		Спољна зона	0,62440	0,28095	0,129	-0,1184	1,3672
		Рубна зона	2,10899*	0,31378	0,000	1,2794	2,9386
	Спољна зона	Централна зона	-0,72413	0,27674	0,053	-1,4558	0,0075
		Приградска зона	-0,62440	0,28095	0,129	-1,3672	0,1184
		Рубна зона	1,48458*	0,36966	0,001	0,5073	2,4619
	Рубна зона	Централна зона	-2,20872*	0,31001	0,000	-3,0283	-1,3891
		Приградска зона	-2,10899*	0,31378	0,000	-2,9386	-1,2794
		Спољна зона	-1,48458*	0,36966	0,001	-2,4619	-0,5073

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

ХКЗ	(I) Урбанистичка зона	(J) Урбанистичка зона	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
pH _{Ca}	Централна зона	Приградска зона	0,16806	0,17146	0,761	-0,2852	0,6214
		Спољна зона	0,73029*	0,24217	0,019	0,0900	1,3705
		Рубна зона	2,14987*	0,27129	0,000	1,4326	2,8671
	Приградска зона	Централна зона	-0,16806	0,17146	0,761	-0,6214	0,2852
		Спољна зона	0,56223	0,24586	0,113	-0,0878	1,2122
		Рубна зона	1,98181*	0,27459	0,000	1,2559	2,7078
	Спољна зона	Централна зона	-0,73029*	0,24217	0,019	-1,3705	-0,0900
		Приградска зона	-0,56223	0,24586	0,113	-1,2122	0,0878
		Рубна зона	1,41958*	0,32349	0,000	0,5643	2,2748
	Рубна зона	Централна зона	-2,14987*	0,27129	0,000	-2,8671	-1,4326
		Приградска зона	-1,98181*	0,27459	0,000	-2,7078	-1,2559
		Спољна зона	-1,41958*	0,32349	0,000	-2,2748	-0,5643
CaCO ₃ (%)	Централна зона	Приградска зона	3,98276	1,98140	0,196	-1,2556	9,2212
		Спољна зона	3,58010	2,79854	0,580	-3,8187	10,9789
		Рубна зона	9,63718*	3,13499	0,016	1,3489	17,9254
	Приградска зона	Централна зона	-3,98276	1,98140	0,196	-9,2212	1,2556
		Спољна зона	-0,40266	2,84116	0,999	-7,9141	7,1088
		Рубна зона	5,65442	3,17310	0,292	-2,7346	14,0434
	Спољна зона	Централна зона	-3,58010	2,79854	0,580	-10,9789	3,8187
		Приградска зона	0,40266	2,84116	0,999	-7,1088	7,9141
		Рубна зона	6,05708	3,73824	0,375	-3,8260	15,9402
	Рубна зона	Централна зона	-9,63718*	3,13499	,016	-17,9254	-1,3489
		Приградска зона	-5,65442	3,17310	0,292	-14,0434	2,7346
		Спољна зона	-6,05708	3,73824	0,375	-15,9402	3,8260
P (mg/100g)	Централна зона	Приградска зона	1,08605	1,67265	0,915	-3,3361	5,5082
		Спољна зона	5,68192	2,36247	0,087	-0,5640	11,9278
		Рубна зона	1,71192	2,64649	0,916	-5,2849	8,7087
	Приградска зона	Централна зона	-1,08605	1,67265	0,915	-5,5082	3,3361
		Спољна зона	4,59587	2,39845	0,232	-1,7451	10,9369
		Рубна зона	0,62587	2,67866	0,995	-6,4560	7,7077
	Спољна зона	Централна зона	-5,68192	2,36247	0,087	-11,9278	0,5640
		Приградска зона	-4,59587	2,39845	0,232	-10,9369	1,7451
		Рубна зона	-3,97000	3,15574	0,593	-12,3131	4,3731
	Рубна зона	Централна зона	-1,71192	2,64649	0,916	-8,7087	5,2849
		Приградска зона	-0,62587	2,67866	0,995	-7,7077	6,4560
		Спољна зона	3,97000	3,15574	0,593	-4,3731	12,3131
K (mg/100g)	Централна зона	Приградска зона	34,46853	27,77377	0,604	-38,9596	107,8966
		Спољна зона	52,57962	39,22791	0,541	-51,1309	156,2901
		Рубна зона	61,40962	43,94405	0,506	-54,7694	177,5886
	Приградска зона	Централна зона	-34,46853	27,77377	0,604	-107,8966	38,9596
		Спољна зона	18,11109	39,82532	0,968	-87,1788	123,4010
		Рубна зона	26,94109	44,47816	0,930	-90,6500	144,5321
	Спољна зона	Централна зона	-52,57962	39,22791	0,541	-156,2901	51,1309
		Приградска зона	-18,11109	39,82532	0,968	-123,4010	87,1788
		Рубна зона	8,83000	52,39994	0,998	-129,7046	147,3646
	Рубна зона	Централна зона	-61,40962	43,94405	0,506	-177,5886	54,7694
		Приградска зона	-26,94109	44,47816	0,930	-144,5321	90,6500
		Спољна зона	-8,83000	52,39994	0,998	-147,3646	129,7046

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

4.2.3. Варијабилности концентрација тешких метала у земљиштима у односу на степен урбанизације града

Варијабилности средњих вредности концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраженим земљиштима Београда (земљишта паркова, индустријских комплекса/зона, уз саобраћајна чворишта и урбаних шума) у односу на степен урбанизације Београда, односно припадности урбанистичкој зони града (централна, приградска, спољна и рубна) испитана је у површинским (0-10 cm) и доњим (10-40 cm) слојевима земљишта.

Статистичке вредности средњих разлика концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у површинским слојевима истражених земљишта (0-10 cm) различитих урбанистичких зона Београда приказане су у Табели 37.

Највише средње вредности концентрација Zn измерене су у површинским слојевима истражених земљишта приградске ($154,67 \pm 119,06$ mg/kg), и централне урбанистичке зоне града ($141,15 \pm 67,72$ mg/kg). Обе ове средње вредности концентрација Zn превазилазе ГМВ (140 mg/kg) и његову референтну вредност (68,14 mg/kg), док су средње вредности концентрација Zn у површинским слојевима истражених земљиштима спољне и рубне урбанистичке зоне града ниже од његове референтне вредности. Максималне концентрације Zn у земљиштима приградске (469,12 mg/kg) и централне урбанистичке зоне (339,86 mg/kg) знатно су више од ГМВ.

Средње вредности концентрација Cu у површинским слојевима истражених земљишта расту од рубне ($19,06 \pm 4,52$ mg/kg) ка централној урбанистичкој зони града ($65,88 \pm 75,34$ mg/kg). Средње вредности концентрација Cu у површинским слојевима истражених земљишта централне ($65,88 \pm 75,34$ mg/kg) и приградске урбанистичке зоне града ($42,92 \pm 27,55$ mg/kg) више су од ГМВ (36 mg/kg) и његове референтне вредности (31,80 mg/kg). Максимална концентрација Cu у површинским слојевима земљишта централне урбанистичке зоне града (422,42 mg/kg) виша је и од његове ремедијационе вредности (190 mg/kg).

Средња вредност концентрација Cd у површинским слојевима истражених земљишта централне ($0,86 \pm 0,76$ mg/kg) урбанистичке зоне града превазилази ГМВ (0,8 mg/kg) и на горњој је граници у односу на његову референтну вредност (0,86 mg/kg). Средња вредност концентрације Cd у површинским слојевима истражених земљиштима приградске урбанистичке зоне ($0,85 \pm 0,76$ mg/kg) је такође виша од ГМВ и на горњој је граници за његову референтну вредност, док су средње вредности концентрација површинских слојева истражених земљишта спољне ($0,35 \pm 0,41$ mg/kg) и рубне ($0,39 \pm 0,19$ mg/kg) урбанистичке зоне града знатно ниже.

Средње вредности концентрација Pb расту од рубне ($32,71 \pm 11,19$ mg/kg) ка централној ($167,35 \pm 257,15$ mg/kg) урбанистичкој зони града, где превазилазе и ГМВ (85 mg/kg) и његову референтну вредност (54,92 mg/kg). Референтну вредност концентрације Pb овде превазилази и средња вредност концентрација Pb у површинским слојевима истражених земљиштима приградске ($82,33 \pm 103,68$ mg/kg) урбанистичке зоне града. Максимална вредност концентрације Pb у површинским слојевима истражених земљишта централне урбанистичке зоне града (1,308,38 mg/kg) значајно је виша и од његове ремедијационе вредности (530 mg/kg).

Највиша средња вредност концентрација Cr измерена је у приградској ($62,84 \pm 18,48$ mg/kg) урбанистичкој зони града, а нешто нижа у површинским слојевима истражених земљиштима централне ($62,24 \pm 24,74$ mg/kg) урбанистичке зоне града. Најниже средње вредности концентрација Cr измерене су у површинским слојевима истражених земљишта спољне ($49,62 \pm 16,74$ mg/kg) и рубне ($50,08 \pm 18,98$ mg/kg) урбанистичке зоне града. Ниједна од утврђених средњих вредности концентрација Cr није виша од ГМВ, док су утврђене средње вредности концентрација Cr у површинским слојевима истражених земљишта приградске и централне урбанистичке зоне града више од његове референтне вредности (52,40 mg/kg).

Средње вредности концентрација Ni у површинским слојевима истражених земљишта Београда измерене су у опадајућем низу: приградска ($57,22 \pm 18,74$ mg/kg), централна

(56,25±14,64 mg/kg), спољна (49,92±19,04 mg/kg) и рубна урбанистичка зона града (37,15±12,41 mg/kg). Средње вредности концентрација Ni у површинским слојевима истражених земљишта централне и приградске урбанистичке зоне су више од ГМВ и његове референтне вредности, док су средње вредности концентрација Ni у површинским слојевима истражених земљиштима спољне и рубне урбанистичке зоне града ниже од његове референтне вредности али су више од ГМВ.

Табела 37. Средње вредности концентрација тешких метала у површинским слојевима земљишта (0-10 cm) различитих урбанистичких зона Београда

ФКЗ	Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
Zn	Централна зона	26	141,1501	67,72167	13,28131	113,7967	168,5035	54,95	339,86
	Приградска зона	23	154,6692	119,06027	24,82578	103,1836	206,1547	63,30	469,12
	Спољна зона	8	76,5911	30,30261	10,71359	51,2575	101,9247	35,21	141,23
	Рубна зона	6	68,5864	11,57447	4,72526	56,4397	80,7330	59,83	90,47
	Укупно	63	130,9768	89,46347	11,27134	108,4457	153,5079	35,21	469,12
Cu	Централна зона	26	65,8767	75,33771	14,77494	35,4472	96,3063	13,91	422,42
	Приградска зона	23	42,9214	27,54885	5,74433	31,0084	54,8344	15,87	152,84
	Спољна зона	8	21,6354	7,88964	2,78941	15,0395	28,2313	13,36	39,33
	Рубна зона	6	19,0571	4,52353	1,84672	14,3099	23,8042	15,91	28,04
	Укупно	63	47,4193	53,67117	6,76193	33,9023	60,9362	13,36	422,42
Cd	Централна зона	26	0,8642	0,75808	0,14867	0,5580	1,1704	0,00	2,77
	Приградска зона	23	0,8461	0,75645	0,15773	0,5190	1,1732	0,00	2,47
	Спољна зона	8	0,3525	0,40679	0,14382	0,0124	0,6926	0,00	1,16
	Рубна зона	6	0,3870	0,18807	0,07678	0,1897	0,5844	0,19	0,58
	Укупно	63	0,7472	0,70593	0,08894	0,5694	0,9250	0,00	2,77
Pb	Централна зона	26	167,3462	257,14535	50,43035	63,4830	271,2095	14,03	1308,38
	Приградска зона	23	82,3339	103,67889	21,61854	37,4998	127,1681	20,97	472,35
	Спољна зона	8	38,5196	37,00990	13,08498	7,5785	69,4606	12,99	124,38
	Рубна зона	6	32,7090	11,19009	4,56834	20,9657	44,4523	15,50	42,73
	Укупно	63	107,1285	183,12254	23,07127	61,0097	153,2473	12,99	1308,38
Cr	Централна зона	26	62,2385	24,74240	4,85238	52,2448	72,2322	16,66	121,58
	Приградска зона	23	62,8445	18,47721	3,85277	54,8544	70,8347	28,93	107,37
	Спољна зона	8	49,6222	16,73604	5,91708	35,6306	63,6139	22,29	68,15
	Рубна зона	6	50,0807	18,97963	7,74840	30,1628	69,9986	22,21	70,90
	Укупно	63	59,6998	21,37985	2,69361	54,3154	65,0842	16,66	121,58
Ni	Централна зона	26	56,2485	14,63948	2,87104	50,3355	62,1615	31,57	96,75
	Приградска зона	23	57,2216	18,73826	3,90720	49,1186	65,3247	33,43	116,16
	Спољна зона	8	48,9194	19,04295	6,73270	32,9991	64,8397	22,62	82,76
	Рубна зона	6	37,1525	12,40565	5,06458	24,1336	50,1714	23,25	52,75
	Укупно	63	53,8544	17,35254	2,18621	49,4842	58,2246	22,62	116,16

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

Тест хомогености варијансе показао је да она није потврђена за Zn ($Sig.= 0,002$) на нивоу 0,01 и за Cd ($Sig.=0,021$) на нивоу 0,05 (Табела 38.) тако да ће се статистички значајне разлике средњих вредности концентрација ових тешких метала у односу на припадност различитим урбанистичким зонама Београда, вредновати на основу резултата добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 39).

Једнофакторска анализа варијансе није показала да постоје статистички значајне разлике средње концентрације истраживаних тешких метала (Табела 40), а пошто је хомогеност варијансе била нарушена за средње вредности концентрација Zn и Cd значајне разлике утврђене су на основу Велчовог теста једнакости аритметичких средина који је показао да постоје на нивоу 0,01 ($Sig.=0,000$) (Табела 39).

Табела 38. Тест хомогености варијансе средњих вредности концентрација тешких метала доњих слојева (0-10 cm) земљишта у односу на степен урбанизације Београда

Тешки метали	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Zn	5,397	3	59	0,002
Cu	1,226	3	59	0,308
Cd	3,486	3	59	0,021
Pb	2,584	3	59	0,062
Cr	1,032	3	59	0,385
Ni	0,308	3	59	0,819

Табела 39. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности концентрација тешких метала у површинским слојевима (0-10 cm) земљишта Београда

Тешки метали	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Zn	11,437	3	25,687	0,000
Cu	7,837	3	28,059	0,001
Cd	4,420	3	24,629	0,013
Pb	3,775	3	24,915	0,023
Cr	1,632	3	17,239	0,219
Ni	3,893	3	16,913	0,028

a. асимптотска F дистрибуција.

Табела 40. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлике средњих вредности концентрација тешких метала у површинским слојевима (0-10 cm) земљишта у односу на степен урбанизације Београда

Тешки метали		Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
Zn	Између група	62619,285	3	20873,095	2,840	0,046
	Унутар група	433610,850	59	7349,336		
	Укупно	496230,135	62			
Cu	Између група	19467,896	3	6489,299	2,406	0,076
	Унутар група	159128,949	59	2697,101		
	Укупно	178596,845	62			
Cd	Између група	2,605	3	0,868	1,811	0,155
	Унутар група	28,291	59	0,480		
	Укупно	30,897	62			
Pb	Између група	179307,323	3	59769,108	1,856	0,147
	Унутар група	1899792,368	59	32199,871		
	Укупно	2079099,691	62			
Cr	Између група	1762,643	3	587,548	1,304	0,282
	Унутар група	26577,420	59	450,465		
	Укупно	28340,063	62			
Ni	Између група	2278,363	3	759,454	2,734	0,052
	Унутар група	16390,496	59	277,805		
	Укупно	18668,858	62			

Применом једнофакторске анализе варијансе (ANOVA) и теста једнакости аритметичких средина (*Welch Robust Tests of Equality of Means*) утврђено је да постоје значајне разлике за средње вредности концентрација само за Zn и Cd у површинским слојевима земљиштима различитих урбанистичких зона града. *Tukey HSD* тест не успева да установи између којих урбанистичких зона се јављају те разлике, с обзиром да су исувише мале (Табеле 41). На основу разлика аритметичких средина (I-J) може се закључити да се средње вредности концентрација Zn у површинским слојевима истражених земљишта приградске урбанистичке зоне града највише разликују од њихових средњих вредности концентрација у површинским слојевима истражених земљишта спољне (I-J=73,62795) и рубне урбанистичке зоне града (I-J=75,43400). Такође, на основу разлика аритметичких средина (I-J) може се закључити да се средње вредности концентрација Cd у површинским слојевима истражених земљишта спољне урбанистичке зоне града највише разликују од њихових средњи вредности концентрација у површинским слојевима истражених земљишта централне (I-J=0,51171) и приградске урбанистичке зоне града (I-J=0,49354).

Табела 41. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја степена урбанизације града на средње вредности концентрација Zn и Cd у површинским слојевима (0-10 cm) земљишта Београда

Тешки метали	(I) Урбанистичка зона	(J) Урбанистичка зона	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња	Горња
Zn	Централна зона	Приградска зона	-13,51907	24,53983	0,946	-78,3973	51,3592
		Спољна зона	64,55901	34,66026	0,255	-27,0756	156,1936
		Рубна зона	72,56373	38,82726	0,252	-30,0875	175,2150
	Приградска зона	Централна зона	13,51907	24,53983	0,946	-51,3592	78,3973
		Спољна зона	78,07808	35,18811	0,130	-14,9520	171,1082
		Рубна зона	86,08280	39,29918	0,138	-17,8161	189,9817
	Спољна зона	Централна зона	-64,55901	34,66026	0,255	-156,1936	27,0756
		Приградска зона	-78,07808	35,18811	0,130	-171,1082	14,9520
		Рубна зона	8,00472	46,29856	0,998	-114,3991	130,4085
	Рубна зона	Централна зона	-72,56373	38,82726	0,252	-175,2150	30,0875
		Приградска зона	-86,08280	39,29918	0,138	-189,9817	17,8161
		Спољна зона	-8,00472	46,29856	0,998	-130,4085	114,3991
Cd	Централна зона	Приградска зона	0,01817	0,19822	1,000	-0,5059	0,5422
		Спољна зона	0,51171	0,27997	0,271	-0,2285	1,2519
		Рубна зона	0,47720	0,31363	0,431	-0,3520	1,3064
	Приградска зона	Централна зона	-0,01817	0,19822	1,000	-0,5422	0,5059
		Спољна зона	0,49354	0,28423	0,314	-0,2579	1,2450
		Рубна зона	0,45903	0,31744	0,476	-0,3802	1,2983
	Спољна зона	Централна зона	-0,51171	0,27997	0,271	-1,2519	0,2285
		Приградска зона	-0,49354	0,28423	0,314	-1,2450	0,2579
		Рубна зона	-0,03451	0,37398	1,000	-1,0232	0,9542
	Рубна зона	Централна зона	-0,47720	0,31363	0,431	-1,3064	0,3520
		Приградска зона	-0,45903	0,31744	0,476	-1,2983	0,3802
		Спољна зона	0,03451	0,37398	1,000	-0,9542	1,0232

Статистичке вредности средњих разлика концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у **доњим слојевима** истражених земљишта (10-40 cm) различитих урбанистичких зона Београда приказане су у Табели 42.

Средње вредности концентрација Zn у доњим слојевима истражених земљишта прате његове средње вредности концентрација у површинским слојевима истражених земљишта, које са дужином земљишта опадају. Најнижа средња вредност концентрације Zn у доњим

слојевима истражених земљишта утврђена је у рубној ($62,13 \pm 3,12$ mg/kg), а највиша у приградској ($116,75 \pm 85,04$ mg/kg) урбанистичкој зони града. Ни једна утврђена средња вредност концентрација Zn у доњим слојевима истражених земљишта није виша од ГМВ (140 mg/kg), али су у централној и приградској урбанистичкој зони града оне више од његове референтне вредности ($68,14$ mg/kg). Максималне измерене вредности концентрација Zn у ове две урбанистичке зоне града превазилазе ГМВ.

Средње вредности концентрација Cu у доњим слојевима истражених земљишта прате његове средње вредности концентрација у површинским слојевима. Највиша средња вредност концентрације Cu измерена је у доњим слојевима земљишта централне ($43,10 \pm 16,25$ mg/kg), а најнижа у доњим слојевима земљиштима рубне урбанистичке зоне града ($19,15 \pm 2,43$ mg/kg). Средња вредност концентрација Cu у доњим слојевима земљишта централне урбанистичке зоне града виша су је ГМВ, док се средња вредност концентрације Cu у доњим слојевима истражених земљишта приградске урбанистичке зоне града ($35,53 \pm 12,99$ mg/kg) налази на горњој граници ГМВ. Такође, ове средње вредности концентрација Cu више су од његове референтне вредности ($31,8$ mg/kg).

Средње вредности концентрација Cd у доњим слојевима истражених земљишта опадају са његовом дужином. Изузетак је само средња вредност концентрације Cd у доњим слојевима истражених земљишта рубне урбанистичке зоне града где она за $0,0323$ mg/kg расте. Високе средње вредности концентрација Cd, (као и његове средње вредности концентрација у површинским слојевима истражених земљишта) измерене су у земљиштима централне ($0,64 \pm 0,38$ mg/kg), и приградске урбанистичке зоне града ($0,61 \pm 0,66$ mg/kg). Ниже средње вредности концентрација Cd измерене су у доњим слојевима земљишта спољне ($0,35 \pm 0,35$ mg/kg), и рубне ($0,42 \pm 0,19$ mg/kg) урбанистичке зоне града.

У доњим (као и у површинским) слојевима истражених земљишта највише средње вредности концентрација Pb утврђене су у централној ($102,76 \pm 169,40$ mg/kg) и приградској ($56,33 \pm 62,61$ mg/kg) урбанистичка зони града, али за разлику од његових средњих вредности концентрација у површинским слојевима, даље у опадајућем низу је средња вредност концентрације Pb у доњим слојевима истражених земљишта рубне ($36,72 \pm 6,35$ mg/kg) урбанистичке зоне града. Најнижа средња вредност концентрације Pb је измерена у доњим слојевима земљишта спољне ($24,51 \pm 12,63$ mg/kg) урбанистичке зоне града. Као и средње вредности концентрација Pb у површинском слоју истражених земљишта, само његова средња вредност концентрације у доњим слојевима земљишта централне урбанистичке зоне града превазилазе ГМВ. Референтну вредност Pb ($54,92$ mg/kg) поред централне и приградске урбанистичке зоне града превазилазе и његове средње вредности концентрација у доњим слојевима истражених земљишта приградске урбанистичке зоне града. Такође, као и за Cu и Cd и средња вредност концентрације Pb расте се дужином земљишта у рубној урбанистичкој зони града.

Као и у површинским тако и у доњим слојевима истражених земљишта средње вредности концентрација Cr расту од спољне ($41,92 \pm 20,34$ mg/kg) ка централној ($60,56 \pm 19,52$ mg/kg) урбанистичкој зони града и у свим урбанистичким зонама ове средње вредности расту са дужином земљишта. Од свих измерених максималних вредности концентрација Cr, једино је максимална измерена вредност концентрације у доњим слојевима приградске урбанистичке зоне града била виша од ГМВ (100 mg/kg), док су све максималне и средње вредности концентрација Cr централне и приградске урбанистичке зоне града више од његове референтне вредности ($52,40$ mg/kg).

Средње вредности концентрација Ni у доњим (као и у површинским) слојевима истражених земљишта, забележене су у истом опадајућем низу: приградска ($60,01 \pm 23,12$ mg/kg), централна ($59,47 \pm 19,02$ mg/kg), спољна ($49,13 \pm 25,31$ mg/kg) и рубна ($38,48 \pm 9,47$ mg/kg) урбанистичка зона града.

Табела 42. Статистичке вредности за средње разлике концентрација тешких метала у доњим слојевима (10-40 cm) земљишта различитих урбанистичких зона Београда

Тешки метали	Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
Zn	Централна зона	26	99,4076	33,02325	6,47639	86,0693	112,7460	47,26	176,06
	Приградска зона	23	116,7469	85,04435	17,73297	79,9709	153,5228	60,69	434,86
	Спољна зона	8	71,8771	27,97653	9,89120	48,4881	95,2661	49,31	138,69
	Рубна зона	6	62,1270	3,12157	1,27438	58,8511	65,4029	59,86	68,21
	Укупно	63	98,6914	58,63940	7,38787	83,9232	113,4595	47,26	434,86
Cu	Централна зона	26	43,1041	16,24851	3,18659	36,5412	49,6670	16,37	78,56
	Приградска зона	23	35,5317	12,98672	2,70792	29,9158	41,1476	18,32	64,02
	Спољна зона	8	20,9777	8,90517	3,14845	13,5328	28,4226	6,97	38,39
	Рубна зона	6	19,1478	2,42508	,99003	16,6028	21,6927	15,15	22,62
	Укупно	63	35,2483	15,90610	2,00398	31,2424	39,2542	6,97	78,56
Cd	Централна зона	26	0,6406	0,38211	0,07494	0,4862	0,7949	0,00	1,31
	Приградска зона	23	0,6116	0,65840	0,13729	0,3269	0,8964	0,00	2,59
	Спољна зона	8	0,3491	0,34855	0,12323	0,0577	0,6405	0,00	0,94
	Рубна зона	6	0,4193	0,19029	0,07768	0,2196	0,6190	0,24	0,68
	Укупно	63	0,5719	0,49046	0,06179	0,4484	0,6954	0,00	2,59
Pb	Централна зона	26	102,7569	169,39920	33,22192	34,3351	171,1787	15,96	898,13
	Приградска зона	23	56,3256	62,60819	13,05471	29,2518	83,3994	15,86	299,71
	Спољна зона	8	24,5104	12,63249	4,46626	13,9494	35,0714	10,12	50,42
	Рубна зона	6	36,7197	6,35358	2,59384	30,0520	43,3873	31,45	48,81
	Укупно	63	69,5805	117,79865	14,84124	39,9133	99,2477	10,12	898,13
Cr	Централна зона	26	60,5588	19,51606	3,82741	52,6761	68,4415	28,06	99,00
	Приградска зона	23	58,0975	18,90246	3,94144	49,9235	66,2715	32,76	107,65
	Спољна зона	8	41,9224	20,33507	7,18953	24,9218	58,9229	13,88	73,77
	Рубна зона	6	44,4301	6,88325	2,81007	37,2066	51,6536	37,48	53,08
	Укупно	63	55,7576	19,48553	2,45495	50,8503	60,6650	13,88	107,65
Ni	Централна зона	26	59,4714	19,01739	3,72962	51,7902	67,1527	32,57	108,88
	Приградска зона	23	60,0072	23,12040	4,82094	50,0092	70,0052	39,03	141,36
	Спољна зона	8	49,1331	25,30916	8,94814	27,9741	70,2921	15,77	99,24
	Рубна зона	6	38,4832	9,46841	3,86546	28,5467	48,4197	32,19	57,17
	Укупно	63	56,3553	21,48772	2,70720	50,9437	61,7670	15,77	141,36

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

Тест хомогености варијансе показао је да она није потврђена за Zn ($Sig.=0,015$) и Cd ($Sig.=0,010$) на нивоу 0,05, а за Cu ($Sig.=0,004$) на нивоу 0,01 (Табела 43.) тако да ће се статистички значајне разлике средњих вредности концентрација ових тешких метала у односу на припадност различитим урбанистичким зонама Београда, вредновати на основу резултата добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 44).

Табела 43. Теста хомогености варијансе средњих вредности концентрација тешких метала у доњим слојевима (10-40 cm) земљишта различитих урбанистичких зона Београда

Тешки метали	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Zn	3,770	3	59	0,015
Cu	5,022	3	59	0,004
Cd	4,091	3	59	0,010
Pb	1,784	3	59	0,160
Cr	1,749	3	59	0,167
Ni	0,806	3	59	0,495

Табела 44 Тест једнакости аритметичких средина (*Welch Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности концентрација тешких метала у доњим слојевима земљишта у односу на степен урбанизације Београда

Тешки метали	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Zn	13,071	3	22,602	0,000
Cu	24,213	3	24,293	0,000
Cd	2,078	3	20,987	0,134
Pb	4,056	3	27,848	0,016
Cr	5,179	3	21,469	0,008
Ni	5,957	3	19,648	0,005

a. асимптотскау F дистрибуција.

Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) показала је да постоје статистички значајне разлике средњих вредности концентрација Cr (*Sig.*=0,042) на нивоу 0,05, а тест хомогености варијансе је показао да је она нарушена за Zn, Cu и Cd тако да на основу теста једнакости аритметичких средина утврђујемо да значајне разлике постоје за Zn (*Sig.*=0,000) и Cu (*Sig.*=0,000) на нивоу 0,01 (Табела 45).

Табела 45. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлике средњих вредности концентрација тешких метала у доњим слојевима (10-40 cm) земљишта у односу на степен урбанизације Београда

Тешки метали		Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
Zn	Између група	21285,120	3	7095,040	2,181	0,100
	Унутар група	191906,806	59	3252,658		
	Укупно	213191,925	62			
Cu	Између група	4790,964	3	1596,988	8,648	0,000
	Унутар група	10895,276	59	184,666		
	Укупно	15686,240	62			
Cd	Између група	0,696	3	0,232	0,962	0,417
	Унутар група	14,219	59	0,241		
	Укупно	14,914	62			
Pb	Између група	55387,950	3	18462,650	1,353	0,266
	Унутар група	804956,445	59	13643,330		
	Укупно	860344,395	62			
Cr	Између група	3026,441	3	1008,814	2,901	0,042
	Унутар група	20514,081	59	347,696		
	Укупно	23540,523	62			
Ni	Између група	2892,956	3	964,319	2,211	0,096
	Унутар група	25733,825	59	436,167		
	Укупно	28626,781	62			

Као и у површинским тако и у доњим слојевима истражених земљишта установљено је, применом једнофакторска анализе варијансе (ANOVA) и теста једнакости аритметичких средина (*Welch Robust Tests of Equality of Means*) да значајне разлике постоје за средње вредности концентрација Zn и Cu у доњим слојевима истражених земљишта различитих урбанистичких зона града. Међутим, *Tukey HSD* тест није успео да установи између којих

урбанистичких зона града се јављају те разлике у средњим вредностима концентрација Zn. На основу резултата теста разлика аритметичких средина (*Welch Robust Tests of Equality of Means*) може се закључити да се средња вредност концентрације Zn у доњим слојевима истражених земљишта приградске урбанистичке зоне града у највећој мери разликују од његових средњих вредности концентрација у доњим слојевима земљишта спољне (I-J=44,86978) и рубне урбанистичке зоне града (I-J=54,61985). Такође, резултати *Tukey HSD* теста показују да се средња вредност концентрације Cu у доњим слојевима истражених земљишта централне урбанистичке зоне града, статистички значајно разликује од његових средњих вредности концентрација у доњим слојевима истражених земљишта спољне (*Sig.*=0,001; $p < 0,01$) и рубне (*Sig.*=0,001; $p < 0,01$) урбанистичке зоне града.

Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) такође је показала да постоје статистички значајне разлике у погледу средњих вредности концентрације Cr, међутим *Tukey HSD* тест није успео да установи између којих урбанистичких зона се јављају те разлике (Табели 46.). На основу резултата теста аритметичких средина (*Welch Robust Tests of Equality of Means*) може се закључити да се средња вредност концентрације Cr у доњим слојевима истражених земљишта централне урбанистичке зоне града у највећој мери разликује од средњих вредности концентрација Cr у доњим слојевима истражених земљишта спољне (I-J=18,63639) и рубне урбанистичке зоне града (I-J=16,12869).

Табела 46. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја различитих урбанистичких зона на средње вредности концентрација тешких метала у доњим слојевима земљишта (10-40 cm) у односу на степен урбанизације Београда

Тешки метали	(I) Урбанистичка зона	(J) Урбанистичка зона	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
Zn	Централна зона	Приградска зона	-17,33924	16,32551	0,714	-60,5005	25,8220
		Спољна зона	27,53054	23,05828	0,633	-33,4308	88,4919
		Рубна зона	37,28062	25,83044	0,478	-31,0097	105,5710
	Приградска зона	Централна зона	17,33924	16,32551	0,714	-25,8220	60,5005
		Спољна зона	44,86978	23,40945	0,232	-17,0199	106,7595
		Рубна зона	54,61985	26,14440	0,169	-14,5005	123,7402
	Спољна зона	Централна зона	-27,53054	23,05828	0,633	-88,4919	33,4308
		Приградска зона	-44,86978	23,40945	0,232	-106,7595	17,0199
		Рубна зона	9,75008	30,80084	0,989	-71,6810	91,1811
	Рубна зона	Централна зона	-37,28062	25,83044	0,478	-105,5710	31,0097
		Приградска зона	-54,61985	26,14440	0,169	-123,7402	14,5005
		Спољна зона	-9,75008	30,80084	0,989	-91,1811	71,6810
Cu	Централна зона	Приградска зона	7,57242	3,88992	0,220	-2,7117	17,8566
		Спољна зона	22,12641*	5,49415	0,001	7,6010	36,6518
		Рубна зона	23,95633*	6,15468	0,001	7,6846	40,2280
	Приградска зона	Централна зона	-7,57242	3,88992	0,220	-17,8566	2,7117
		Спољна зона	14,55399	5,57783	0,054	-,1926	29,3006
		Рубна зона	16,38391	6,22949	0,052	-,0856	32,8534
	Спољна зона	Централна зона	-22,12641*	5,49415	0,001	-36,6518	-7,6010
		Приградска зона	-14,55399	5,57783	0,054	-29,3006	0,1926
		Рубна зона	1,82992	7,33899	0,994	-17,5729	21,2327
	Рубна зона	Централна зона	-23,95633*	6,15468	0,001	-40,2280	-7,6846
		Приградска зона	-16,38391	6,22949	0,052	-32,8534	0,0856
		Спољна зона	-1,82992	7,33899	0,994	-21,2327	17,5729

Тешки метали	(I) Урбанистичка зона	(J) Урбанистичка зона	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
Cr	Централна зона	Приградска зона	2,46128	5,33762	0,967	-11,6503	16,5728
		Спољна зона	18,63639	7,53890	0,075	-1,2949	38,5677
		Рубна зона	16,12869	8,44525	0,235	-6,1988	38,4562
	Приградска зона	Централна зона	-2,46128	5,33762	0,967	-16,5728	11,6503
		Спољна зона	16,17511	7,65371	0,161	-4,0597	36,4099
		Рубна зона	13,66741	8,54790	0,387	-8,9315	36,2663
	Спољна зона	Централна зона	-18,63639	7,53890	0,075	-38,5677	1,2949
		Приградска зона	-16,17511	7,65371	0,161	-36,4099	4,0597
		Рубна зона	-2,50770	10,07032	0,995	-29,1316	24,1161
	Рубна зона	Централна зона	-16,12869	8,44525	0,235	-38,4562	6,1988
		Приградска зона	-13,66741	8,54790	0,387	-36,2663	8,9315
		Спољна зона	2,50770	10,07032	0,995	-24,1161	29,1316

4.3. Физичке и хемијске карактеристике и концентрације тешких метала у земљиштима различитог типа коришћења простора

4.3.1. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима паркова

Одређивање физичких и хемијских карактеристика и садржаја тешких метала у земљиштима паркова Београда извршено је лабораторијским испитивањем земљишта узрокованог на терену са 10 локалитета, где је узорковано укупно 34 узорака. Централној урбанистичкој зони припада 6 паркова, а 4 приградској.

Земљишта паркова Београда према гранулометријском саставу претежно припадају текстурним класама иловача, праховито глиновитим иловачама, глиновитим иловачама, праховитим иловачама и песковитим иловачама.

01 Локалитет – Парк Београдска тврђава – Доњи град

Земљиште локалитета Београдска тврђава – Доњи град испитано је узорковањем на 2 места где је земљиште узето из укупно 4 слоја (P₁-P₂ и P₃-P₄). Локалитет Београдска тврђава – Доњи град налази се у централној урбанистичкој зони града. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 47. и Табели 48. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 49. Узорци P₁ и P₂ овог локалитета припадају класи иловача са учешћем фракције глине од 20,90 %, односно 15,50 %, док је у узорцима P₃ и P₄ измерен знатно нижи проценат фракције глине и то од свега 6,10 % односно 7,50 %, тако да ова земљишта припадају класи песковитих иловача. Такође, у овим узорцима земљишта измерено је ниско присуство фракције праха и то грубог праха од 9,00 % (P₃) и 7,70 % (P₄), затим финог праха 1 12,10 %, односно 9,20 % и финог праха 2 9,60 %, односно 7%. У узорцима P₁ и P₂ истиче се присуство фракције финог песка која расте са дубином са процентуалним присуством од 43,50 % у површинском (P₁), односно 50,80 % у доњем слоју (P₂) земљишта. У узорцима P₃ и P₄ такође фракција финог песка расте са дубином, али су забележене ниже вредности од 29,00 % у површинском (P₁), односно 37,10 % у доњем слоју (P₂) земљишта.

Табела 47. Физичке карактеристике земљишта Парк Београдска тврђава – Доњи град

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак			Прах		Глина	
					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	< 0,002 mm	
1	P ₁	Београдска тврђава	0-10	2,51	5,10	29,00	13,50	22,80	8,70	20,90	Иловача
	P ₂	- Доњи град 1	10-40	1,87	11,20	37,10	12,10	17,10	7,00	15,50	Иловача
	P ₃	Београдска тврђава	0-10	1,66	19,70	43,50	9,00	12,10	9,60	6,10	Песковита иловача
	P ₄	- Доњи град 2	10-40	1,18	17,80	50,80	7,70	9,20	7,00	7,50	Песковита иловача

Вредности рН земљишта на оба места узорковања (P₁, P₂, P₃ и P₄) је уједначена и са дубином расте како у води тако и у CaCl₂. Истраживано земљиште овог локалитета припада класи умерено алкалних земљишта (8,15-8,36), изузев земљишта P₄ слоја (рН 8,73) који припада класи јако алкалних земљишта. Процентуални садржај CaCO₃ у слоју земљишта P₁ је најнижи и износи 12,39 % и припада класи карбонатних земљишта. Земљишта узорка P₂ као и узорка P₃ и P₄ припадају класи веома карбонатних земљишта, с обзиром да се садржај CaCO₃ код њих креће у распону од 24,19-34,89 %. Површински узорци P₁ и P₃ снабдевени су хумусом и припадају класи земљишта средње снабдевених, где је садржај хумуса 3,28 % (P₁), односно 4,83 % (P₃). Садржај хумуса у P₂ и P₄ узорцима очекивано опада тако да земљишта овде припадају класи слабо хумусних (2,53 %, односно 2,52 %). На овом локалитету највиши садржај ТС измерен је у узорку P₃ од 2,80 %, док је најнижи измерен у доњим слојевима P₂ (1,47 %) и P₄ (1,46 %). Садржај ОС измерен је само у површинском слоју P₁ са вредношћу од 0,42 %. Снабдевеност земљишта TN површинске слојеве овог локалитета сврстава у категорију богате овим елементом (P₁-0,22 %), односно врло богате (P₃-0,31 %). Однос C/N који се у свим узорцима креће се у распону од 8,65-9,75, указује на повољне услове за микробиолошку активност. Садржај лако приступачних облика P и K земљишта ових узорка сврстава у високо снабдевена овим елементима.

Табела 48. Хемијске карактеристике земљишта Парк Београдска тврђава – Доњи град

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	рН		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
				mg/100g														
1	P ₁	Београдска тврђава - Доњи град 1	0-10	8,15	7,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,39	3,28	1,90	0,42	0,22	8,65	76,22	61,60
	P ₂	- Доњи град 1	10-40	8,36	7,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,19	2,53	1,47	0,00	0,16	9,16	60,07	57,60
	P ₃	Београдска тврђава - Доњи град 2	0-10	8,19	7,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,97	4,83	2,80	0,00	0,31	9,03	69,07	69,50
	P ₄	- Доњи град 2	10-40	8,73	7,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,89	2,52	1,46	0,00	0,15	9,75	51,04	57,60

У земљиштима парка Београдска тврђава - Доњи град у узорцима P₁, P₂ и P₃ измерене су концентрације Zn више од референтне (68,14 mg/kg), као и концентрације Cu које су више и од ГМВ (36 mg/kg) и његове референтне вредности (31,8 mg/kg). Измерене концентрације Pb биле су ниже од ГМВ, док су површински слојеви (P₁ и P₃) имали више вредности од његове референтне вредности. Измерене концентрације Ni у свим узорцима више су од ГМВ на оба места узорковања и крећу се у распону од 45,10-52,68 mg/kg. Измерене концентрације Cd и Cr на овом локалитету биле су ниже од ГМВ и њихових референтних вредности. Значајно је истаћи да концентрација Cd расте са дубином на оба места узорковања.

Табела 49. Укупни садржај тешких метала у земљишту парка Београдска тврђава – Доњи град

Број локалите	Ознака узорка	Место узоквања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
1	P ₁	Београдска тврђава - Доњи	0-10	126,6131	50,6052	<blank	63,8734	38,5308	45,0965
	P ₂	Београдска тврђава - Доњи	10-40	90,1569	36,2400	0,1866	50,5648	30,5788	45,8365
	P ₃	Београдска тврђава - Доњи	0-10	88,1921	50,8205	0,0033	67,4416	50,7738	52,6751
	P ₄	Београдска тврђава - Доњи	10-40	51,1880	22,5355	0,3170	39,8118	40,6894	47,3870
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

02 Локалитет – Парк у Панчићевој улици

У парку у Панчићевој улици земљиште је узорковано на 1 месту у 2 слоја (P₅ и P₆). Овај локалитет припада централној урбанистичкој зони града. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 50. и Табели 51. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 52. Земљиште овог локалитета у оба слоја припадају текстурној класи иловача са процентуалним учешћем фракције глине од 24,00 % и 20,00 %. На овом локалитету истиче се присуство фракције ситног песка које износи 30,50 % у површинском слоју и 34,50 % у доњем. Такође, значајно је истаћи да је на овом локалитету измерено мало присуство фракције грубог песка од свега 4,40 % у површинском и 7,80 % у доњем слоју земљишта, као и фракције фини прах 1 % са вредностима 9,00 % односно 8,00 %.

Табела 50. Физичке карактеристике земљишта Парк у Панчићевој улици

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
				Песак		Праш			Глина	
				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		
2	P ₅	0-10	2,84	4,40	30,50	14,10	18,00	9,00	24,00	Иловача
	P ₆	10-40	2,33	7,80	34,50	13,60	16,10	8,00	20,00	Иловача

Према реакцији земљиште овог локалитета у воденој емулзији припада умерено алкалној класи. рН вредност овде минимално расте са дубином земљишта (8,23 и 8,24), док у CaCl₂ опада са дубином и износи 7,32 односно 7,27. Садржај CaCO₃ расте са дубином, а земљиште припада карбонатној класи (9,10 %, односно 12,08 %). Према садржају хумуса земљиште овде припада класи земљишта доста обезбеђена хумусом, с обзиром да се у P₅ узорку налази 3,69 % хумуса, а у P₆ 3,34 %. Садржај ТС у површинском слоју је 2,14 %, а у доњем 1,94 %, док ОС у површинском износио је 1,05 %, а у доњим слоју земљишта 0,49 %. Садржај N прати садржај хумуса и C тако да ово земљиште са 0,20 %, односно 0,17 % N припада класи добро обезбеђених. Однос C/N је мањи од 20 што указује да се у земљишту овог локалитета одвија повољна минерализација и хумификација органске материје. Садржај лако приступачних облика P и K као и на претходном локалитету указује да је ово земљиште високо снабдевано овим елементима.

Табела 51. Хемијске карактеристике земљишта Парка у Панчићевој улици

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	рН		Y 1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	ТN (%)	C/N	Лако приступачан	
			H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
			cmol/kg					mg/100g									
2	P ₅	0-10	8,23	7,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,10	3,69	2,14	1,05	0,20	10,71	123,48	73,50
	P ₆	10-40	8,24	7,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,08	3,34	1,94	0,49	0,17	11,39	110,40	69,50

Аналитичке вредности садржаја тешких метала из Табеле 52. показују да концентрација Zn расте са дужином земљишта (P₅-145,49 и P₆-152,65 mg/kg), а Cu (P₅-64,16 и P₅-59,38 mg/kg) и Ni (P₅-51,73 и P₅-49,79 mg/kg) опадају са дужином. Вредности ових тешких метала изнад су ГМВ, а више су од референтне. Очекивано концентрације Zn и Cu су знатно више од референтних вредности (68,14 mg/kg, односно 31,8 mg/kg) у оба слоја, као и измерене концентрације Pb и Cr.

Табела 52. Укупни садржај тешких метала у земљишту парка у Панчићевој улици

Број локалитет	Ознака узорка	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
			Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
2	P ₅	0-10	145,4872	64,1575	0,1964	64,5970	64,5870	51,7329
	P ₆	10-40	152,6491	59,3835	0,5631	74,2619	55,0317	49,7934
Референтна вредност			68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ			140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност			720	190	12	530	380	210

03 Локалитет – Парк Пријатељства

Земљиште Парка Пријатељства испитано је узорковањем земљишта на 2 места у површинском и доњем слоју земљишта (P₇-P₈ и P₉-P₁₀). Парк Пријатељства налази се у оквиру централне урбанистичке зоне града Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 53. и Табели 54. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 55. Узорци P₇ и P₈ припадају текстурној класи глиновитих иловача, са присуством фракције глине од 28,00 % и 30,90 %, док узорци P₉ и P₁₀ припадају класи иловача, односно праховитим иловачама, са присуством фракције глине од 18,30 % и 26,30 %.

Табела 53. Физичке карактеристике земљишта Парк Пријатељства

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Праш			Глина	
					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	< 0,002 mm	
3	P ₇	Парк Пријатељства	0-10	3,33	5,60	27,70	10,50	19,10	9,10	28,00	Глиновита иловача
	P ₈		10-40	3,40	2,90	27,20	12,90	19,20	6,90	30,90	Глиновита иловача
	P ₉	Парк Пријатељства	0-10	2,66	7,60	26,30	21,30	21,30	11,00	18,30	Иловача
	P ₁₀		10-40	2,40	4,70	17,90	21,50	21,50	10,10	26,30	Праховита иловача

Реакција земљишта је умерено алкална на оба места узорковања и са дужином земљишта расте. У узорцима P₇ и P₈ рН вредност у води износи 8,01, односно 8,04 јединица, а у узорцима P₉ и P₁₀ 7,96, односно 8,18. Садржај СаСО₃ опада са дужином у узорцима P₇ (површински слој) и P₈ (доњи слој) тако да у узорку P₇ има вредност од 4,88 %, а у узорку P₈ 2,92 %. За разлику од претходних узорака у узорцима P₉ (површински слој) и P₁₀ (доњи слој) садржај СаСО₃ расте са дужином и то за 2,78 %, а оба слоја припадају карбонатној класи (P₉-6,19 %, P₁₀-8,97 %). Садржај хумуса на овим истраженим локалитетима указује да земљиште овде припада класи доста хумусних (3,16-3,93 %), изузев земљишта узорка P₉ које припада јако хумусној класи (5,80%). Присуство ТС креће се у распону од 3,36-1,83 %, а ОС од 0,76-2,62 %. Површински слојеви земљишта овог локалитета очекивано садрже виши проценат TN и то 0,23 % (P₇), односно 0,29 % (P₉) што их сврстава у класу земљишта богата N, док доњи слојеви припадају класи добро снабдевених овим елементом (0,18-0,19 %). Однос C/N креће се у уском распону од 9,70-11,60, што утиче на повољну минерализацију органске материје у овим земљиштима. Земљишта овог локалитета за разлику од осталих истраживаних локалитета паркова Београда садрже знатно мање лако приступачних облика P и K. Узорак P₇ садржи 9,95 mg/100g P што је

на горњој граници класе врло ниске снабдевености земљишта овим елементом. Очекивано садржај Р у доњем слоју опада, тако да његова вредност износи 4,14 mg/100g што ово земљиште сврстава у класу недовољно снабдених Р. Садржај лако приступачног облика К је знатно виши и у површинском слоју (P₇) и износи 19,40 mg/100g, а у доњем (P₈) износи 18,44 mg/100g, тако да ови узорци земљишта припадају категорији средње максимално снабдевености овим елементом. За разлику од претходних узорака, узорци P₉ и P₁₀ знатно су мање снабдени лако приступачним обликом Р и то у површинском слоју P₉ садрже свега 0,52 mg/100g Р, а у доњем P₁₀ присуство овог елемента изостаје. Садржај К је знатно виши у односу на садржај Р, тако да је површински слој високо снабдевен овим елементом (P₉-45,00 mg/100g), а доњи слој средње-максимално (P₁₀-19,70 mg/100g).

Табела 54. Хемијске карактеристике земљишта Парка Пријатељства

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	TC (%)	OC (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
				cmol/kg					mg/100g									
3	P ₇	Парк Пријатељства 1	0-10	8,01	7,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,88	3,93	2,28	1,70	0,23	9,92	9,95	19,40
	P ₈		10-40	8,04	7,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,92	3,18	1,84	1,49	0,19	9,70	4,14	18,44
	P ₉	Парк Пријатељства 2	0-10	7,96	7,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,19	5,80	3,36	2,62	0,29	11,60	0,52	45,00
	P ₁₀		10-40	8,18	7,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,97	3,16	1,83	0,76	0,18	10,18	0,00	19,70

На локалитету парк Пријатељства нису измерене више концентрације истраживаних тешких метала од ГМВ осим Ni чија се концентрација кретала у распону од 42,37-54,40 mg/kg, изузев у површинском слоју земљишта узорка P₉ где је та вредност износила 31,57 mg/kg. Такође, треба истаћи да је у узорцима P₉ и P₁₀ измерено да концентрација Zn, Cu, Cr и Ni расте са дужином земљишта. На овом локалитету само је концентрација Ni била виша од ГМВ и кретала се у распону од 42,37-54,40 mg/kg, а његова виша концентрација од референтне вредности измерена је само у узорку земљишта P₇.

Табела 55. Укупни садржај тешких метала у земљишту парка Пријатељства

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
3	P ₇	Парк Пријатељства 1	0-10	64,6051	30,5731	0,0666	26,0413	52,3692	54,4019
	P ₈		10-40	61,5102	29,0066	0,0367	24,6521	49,6079	46,4013
	P ₉	Парк Пријатељства 2	0-10	59,7508	13,9106	0,1499	29,8204	16,6561	31,5697
	P ₁₀		10-40	66,4189	21,4531	<blank	17,1138	35,1008	42,3663
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

04 Локалитет – Земун-Градски парк

У Земун-Градском парку земљиште је узорковано на 2 места у по 2 слоја (P₁₁-P₁₂ и P₁₃-P₁₄), а као и претходни локалитет налази се у централној урбанистичкој зони града. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 56. и Табели 57. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 58. Земљиште Земун-Градски парк према гранулометријском саставу припада класи иловача са изузетком узорка P₁₄ који припада класи глиновитих иловача. Фракција глине на овом локалитету јавља се у распону од 24,90-27,00 %, а фракција грубог песка у распону од свега 1,60-5,50 %. Садржај хигроскопне опада са дужином земљишта и креће се у распону од 1,90- 3,00 %.

Табела 56. Физичке карактеристике земљишта Земун-Градски парк

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстуерна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
4	P ₁₁	Земун-Градски парк 1	0-10	3,00	2,50	23,10	16,20	20,50	12,60	25,10	Иловача
	P ₁₂		10-40	2,80	5,50	20,60	17,80	19,40	10,90	25,80	Иловача
	P ₁₃	Земун-Градски парк 2	0-10	2,04	2,20	24,40	12,60	12,80	23,10	24,90	Иловача
	P ₁₄		10-40	1,90	1,60	23,60	11,60	23,85	12,40	27,00	Глиновита иловача

Реакција земљишта у воденом раствору је умерено алкална на оба места узорковања и креће се у распону од 7,65-8,11 јединица. У узорцима P₁₁ (површински слој) и P₁₂ (доњи слој) расте са дубином за 0,07 јединица, док у узорцима P₁₃ (површински слој) P₁₄ (доњи слој) опада са дубином за 0,23 јединице. рН_{Ca} вредност креће се у распону од 6,86-7,34 јединице. Присуство CaCO₃ расте са дубином у земљиштима овог локалитета. У површинском слоју P₁₁ присуство CaCO₃ износи 7,33%, што овај слој земљишта сврстава у класу слабо карбонатних, а доњи слој P₁₂ у карбонатну класу земљишта (11,33 %). У узорцима P₁₃ и P₁₄ садржај CaCO₃, такође расте са дубином, а земљишта оба узорка припадају карбонатној класи (10,29 %, односно 11,26 %). Према процентуалном садржају хумуса сви узорци овог локалитета припадају земљиштима која су средње обезбеђења, с обзиром да се процентуални садржај хумуса овде креће у распону од 3,30-4,36 %. Изузетак је узорак P₁₄, где је процентуално присуство хумуса 2,89 %, што је на горњој граници слабо хумусне класе. Садржај ТС опада са дубином земљишта и у површинским слојевима (P₁₁ и P₁₃) и присутан је са 2,44 %, односно 2,53 %, у доњим (P₁₂ и P₁₄) са 1,91 % односно 1,67 %, а ОС се овде кретао у распону од 0,32-1,56 %. Процентуално учешће TN у узорцима P₁₁ и P₁₂ од 0,28 %, односно 0,21 % ова земљишта сврстава у класу богатих овим елементом. Земљишта узорка P₁₃ и P₁₄ са садржајем од 0,19%, односно 0,13 % припадају класи добро обезбеђених N. На основу односа C/N утврђено је да се у земљишту овог локалитета одвију повољни услови минерализације и хумификације органске материје. У узорцима P₁₁ (површински слој) и P₁₂ (доњи слој) садржај лако приступачног облика P неочекивано се повећава са дубином и вишеструко је изнад границе високе снабдевености земљишта овим елементом, где његово присуство у узорку P₁₁ износи 244,21 mg/100g, а у узорку P₁₂ 252,29 mg/100g. У узорцима P₁₃ (површински слој) и P₁₄ (доњи слој) садржај P опада са дубином земљишта и знатно је ниже, али и даље ови узорци су високо снабдевени овим елементом (P₁₃-78,00 и P₁₄-66,00 mg/100g). Садржај лако приступачног облика K на оба места узорковања опада са дубином земљишта и знатно је нижи него присуство P. K је у овим узорцима земљишта висок (колики је (P₁₁-38,44 mg/100g; P₁₂-31,08 mg/100g; P₁₃-48 mg/100g и P₁₄-26,44 mg/100g) тако да она припадају класи високо снабдевених овим елементом.

Табела 57. Хемијске карактеристике земљишта Земун-Градски парк

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
4	P ₁₁	Земун-Градски парк 1	0-10	8,04	7,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,33	4,20	2,44	1,56	0,28	8,70	244,21	38,44
	P ₁₂		10-40	8,11	7,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,3	3,30	1,91	0,55	0,21	9,11	252,29	31,08
	P ₁₃	Земун-Градски парк 2	0-10	7,88	7,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,2	4,36	2,53	1,30	0,19	13,32	78,00	45,00
	P ₁₄		10-40	7,65	6,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,2	2,89	1,67	0,32	0,13	12,87	66,00	26,44

На овом локалитету измерене концентрације тешких метала које су изнад ГМВ су концентрације Cu и Ni. Концентрација Cu у узорцима P₁₁ и P₁₂ износила је 60,98 mg/kg и 69,58 mg/kg, а у узорцима P₁₃ и P₁₄ измерене су ниже вредности (P₁₃-49,13 mg/kg и P₁₄-42,32 mg/kg).

Концентрације Ni у свим узорцима овог локалитета кретале су се у уском распону од 62,78-71,70 mg/kg. Треба истаћи да је концентрација Cu, Cd и Cr у узорцима P₁₁ (површински слој) и P₁₂ (доњи слој) са дужином расла, а у узорцима P₁₃ (површински слој) и P₁₄ (доњи слој) Cr и Ni. Измерене концентрације Zn, Cu, и Ni више су од њихових референтних вредности, а за Pb само концентрација измерена у узорку P₁₁, и за Cr само вредност измерена у узорку P₁₄.

Табела 58. Укупни садржај тешких метала у земљишту парка Земун-Градски парк

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
4	P ₁₁	Земун-	0-10	92,8236	60,9831	0,1834	62,5404	45,9132	66,2654
	P ₁₂	Градски парк	10-40	82,4206	69,5677	0,3500	39,8120	48,5350	62,4913
	P ₁₃	Земун-	0-10	91,2252	49,1282	0,4492	45,5444	49,5574	67,7825
	P ₁₄	Градски парк	10-40	82,7178	42,3248	0,4371	35,9991	53,7517	71,7012
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

05 Локалитет – Топчидерски парк

Земљиште Топчидерског парка истраживано је на основу узорковања на 2 места где је узето 4 узорка из по 2 слоја (P₁₅-P₁₆ и P₁₇-P₁₈). Топчидерски парк налази се у оквиру приградске урбанистичке зоне града. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 59. и Табели 60. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 61. Земљиште узорка P₁₅ и P₁₆ припадају класи глиновитих иловача са учешћем фракције глине од 29,40 и 31,30 %, док узорци P₁₇ и P₁₈ припадају класи праховито глиновитим иловачама са вишим процентом фракције глине од 37,40 % и 36,80 %. Такође, у овим узорцима измерен је и виши проценат фракције финог праха 1 (22,80 % и 25,80 %). Значајно је истаћи да су у сва 4 узорка овог локалитета измерени јако ниски проценти фракција грубог песка и то у распону од 0,00-1,50 %. Садржај хигроскопне воде измерена је у распону од 3,34-4,32 %.

Табела 59. Физичке карактеристике земљишта Топчидерског парка

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Праш			Глина	
					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	< 0,002 mm	
5	P ₁₅	Топчидерски парк 1	0-10	3,34	0,50	25,20	14,70	21,30	8,90	29,40	Глиновита иловача
	P ₁₆	Топчидерски парк 1	10-40	3,39	1,50	19,50	21,80	18,50	7,40	31,30	Глиновита иловача
	P ₁₇	Топчидерски парк 2	0-10	4,25	0,20	10,60	17,90	22,80	11,10	37,40	Праховито глиновита иловача
	P ₁₈	Топчидерски парк 2	10-40	4,32	0,00	16,70	11,30	25,80	9,40	36,80	Праховито глиновита иловача

Земљиште на оба места узорковања у Топчидерском парку припадају умерено алкалној класи, где активна киселост расте са дужином земљишта и креће се у распону од 8,00-8,13. Садржај CaCO₃ за разлику од земљишта претходних локалитета изузетно је низак на оба места узорковања. У узорцима P₁₅ (површински слој) и P₁₆ (доњи слој) процентуални садржај CaCO₃ расте са дужином и налази се на доњој граници категорије слабо карбонатних земљишта са вредностима у површинском од 1,39 % (P₁₅), и 2,14 % у доњем слоју земљишта (P₁₆). У узорцима P₁₇ и P₁₈ садржај CaCO₃ знатно је нижи и опада са дужином земљишта. У површинском износи свега 0,48 % (P₁₇), а у доњем слоју 0,32 % (P₁₈) што ово земљиште сврстава у класу безкарбонатних земљишта. Према садржају хумуса земљиште Топчидерског парка може се сврстати у класу доста хумусних земљишта с обзиром да се површински слојеви земљишта оба места узорковања налазе у овој категорији (P₁₅-3,19 %, односно P₁₇-3,70 %).

Садржај хумуса у доњим слојевима земљишта, оба места узорковања, износи 2,01 %. Присуство ТС прати садржај хумуса, највиши је у узорку P₁₅ (2,15 %), а најнижи у P₁₄ (1,16 %), а ОС овде се кретао у распону од 0,91-2,09 %. Садржај N по правилу у оба места узорковања опада са дубином земљишта. Површински слој P₁₅ садржи 0,19 % N, што ово земљиште сврстава у класу добро обезбеђених овим елементом, док површински слој P₁₇ садржи 0,24 % N, тако да оно припада класи земљишта богатим N. Однос C/N овде је узак и креће се у распону од 8,32-9,74 тако да се у на овом локалитету одвија повољна минерализација и хумификација органске материје. Садржај лако приступачног облика P у узорцима P₁₅ и P₁₆ неочекивано расте са дубином земљишта. У површинском слоју земљишта (P₁₅) садржај овог елемента износи 10,04 mg/100g и оно овде припада класи ниско обезбеђених овим елементом. Доњи слој (P₁₆) садржи 15,91 mg/100g P, што је на доњој граници класе средње максималне обезбеђености овим елементом. Садржај лако приступачног облика K је нешто више него P и за разлику од њега, очекивано опада са дубином земљишта. У оба слоја P₁₇ и P₁₈ обезбеђеност лако приступачног облику K сврстава земљиште овог места узорковања у категорију средње-максимално обезбеђено (P₁₇-22,41 mg/100g, односно P₁₈-19,63 mg/100g). У узорцима P₁₇ и P₁₈ садржај лако приступачног облика P је веома низак и у површинском слоју (P₁₇) износи свега 3,73 %, а у доњем (P₁₈) 2,49 %, а садржај K у оба слоја (P₁₇ и P₁₈) износи 19,63 mg/100g, тако да ова земљишта припадају класи средње-максимално снабдевених K.

Табела 60. Хемијске карактеристике земљишта Топчидерског парка

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	CN	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
				cmol/kg					mg/100g									
5	P ₁₅	Топчидерски парк 1	0-10	8,01	7,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	3,19	1,85	1,68	0,19	9,74	10,04	22,41
	P ₁₆		10-40	8,13	7,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,14	2,01	1,16	0,91	0,12	9,71	15,91	19,63
	P ₁₇	Топчидерски парк 2	0-10	8,00	7,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	3,70	2,15	2,09	0,24	8,95	3,73	19,63
	P ₁₈		10-40	8,07	7,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	2,01	1,17	1,13	0,14	8,32	2,49	19,63

Као и на претходним локалитетима и овде су измерене више концентрације Ni које су изнад ГМВ. У узорцима P₁₅ и P₁₆ концентрације Ni износе 50,96 и 50,61 mg/kg, а у узорцима P₁₇ и P₁₈ концентрације Ni расту са дубином земљишта и износе 75,86 mg/kg и 78,62 mg/kg. Такође, на истом месту узорковања измерена је повишена концентрација Cu у површинском слоју (P₁₇) од 38,67 mg/kg. Из Табеле 61. може се видети и да концентрације Zn у узорцима P₁₅ (површински слој) и P₁₆ (доњи слој) расту са дубином земљишта. Више концентрације од референтне вредности измерене су за Cu у узорку P₁₇, а за Ni у узорцима P₁₇ и P₁₈.

Табела 61. Укупни садржај тешких метала у земљишту Топчидерског парка

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
5	P ₁₅	Топчидерски парк 1	0-10	70,1753	33,3311	<blank	22,7618	50,5266	50,9566
	P ₁₆		10-40	78,8774	32,2823	<blank	22,2293	47,7951	50,6050
	P ₁₇	Топчидерски парк 2	0-10	87,1341	38,6710	0,2637	57,7913	79,7484	75,8569
	P ₁₈		10-40	80,9199	34,7332	0,2531	53,3504	62,7390	78,6152
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

06 Локалитет – Парк Калемегдан

На локалитету парк Калемегдан земљиште је узорковано на 2 места, у по 2 слоја (P₁₉-P₂₀ и P₂₁-P₂₂). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 62. и Табели 63. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 64. Земљиште парк Калемегдан у свим узорцима припада класи иловаче са процентуалним присуством глине у уском распону од 16,70-20,20 %. На овом локалитету истиче се присуство фракције ситног песка која се креће у распону од 26,40-30,50 %, као и ниско присуство фракције грубог песка (5,40-8,80 %) изузев у узорку P₂₁ (17,80 %). Процентуално присуство хигроскопне воде највише је у узорцима P₁₉ (2,89 %), P₂₀ (2,84 %) и P₂₂ (2,37 %), а најниже у узорку P₂₁ (2,24 %).

Табела 62. Физичке карактеристике земљишта Парка Калемегдан

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
6	P ₁₉	Парк Калемегдан 1	0-10	2,89	5,40	30,50	11,60	22,90	9,90	19,70	Иловача
	P ₂₀		10-40	2,84	8,10	26,60	14,20	18,70	12,60	19,80	Иловача
	P ₂₁	Парк Калемегдан 2	0-10	2,24	17,80	26,40	11,50	17,00	10,60	16,70	Иловача
	P ₂₂		10-40	2,37	8,80	28,90	13,30	18,10	10,70	20,20	Иловача

Реакција земљишта у води на оба места узорковања је уједначена и у свим слојевима земљишта припада умерено алкалалној класи, а креће се у распону од 8,02-8,22 јединица. Међутим, у узорцима P₁₉ (површински слој) и P₂₀ (доњи слој) рН вредност расте са дужином земљишта, док у узорцима P₂₁ (површински слој) и P₂₂ (дињи слој) опада са дужином. рН вредност у СаCl₂ такође је уједначена, али на оба места узорковања опада са дужином и креће се у распону од 7,43-7,53 јединице. Присуство СаСО₃ на оба места узорковања расте са дужином земљишта, тако да земљишта оба места узорковања (по свим слојевима) припадају класи веома карбонатних земљишта. Присуство СаСО₃ за преко 9 % више је у узорцима P₂₁ и P₂₂ него у узорцима P₁₉ и P₂₀. Ово земљиште према процентуалном учешћу хумуса припадају класи доста хумусних земљишта, с обзиром да је овај проценат код свих истраживаних узорка виши од 3 %, изузев у узорку P₂₂ где садржај хумуса износи 2,41 % и припада слабо хумусној класи. Садржај ТС по правилу опада са дужином земљишта и креће се у распону од 2,28-1,40 %, а ОС измерен је само у узорку P₁₉ са вредношћу од 0,24 %. Садржај TN, као и ТС, по правилу опада по дубини земљишта на оба места узорковања. Површински слојеви садрже 0,21 % (P₁₉), односно 0,24 % (P₂₁) TN тако да припадају класи земљишта богатих овим елементом. У доњим слојевима земљишта нешто је нижи садржај овог елемента и то за 0,18 % (P₂₀), односно 0,16 % (P₂₂), али ипак она припадају класи земљишта добро обезбеђених N. Лако приступачни облик Р у узорцима P₁₉ и P₂₀ знатно је виши него у узорцима P₂₁ и P₂₂. Ова разлика у површинским слојевима земљишта износи 427,05 mg/100g, а у доњим 329,17 mg/100g, што земљиште овог локалитета сврстава у класу земљишта веома богатим Р. Такође, треба истаћи да на оба места узорковања садржај Р расте са дужином земљишта и то за 99,36 mg/100g (P₁₉ и P₂₀), односно 134,24 mg/100g (P₂₁ и P₂₂). Садржај лако приступачног облика К у узорцима P₁₉ (површински слој) и P₂₀ (доњи слој) је висок и расте са дужином земљишта за 30,29 mg/100g. У узорцима P₂₁ и P₂₂ садржај К, је као и Р, нижи него у узорцима P₁₉ и P₂₀, али и даље њихове вредности указују да су ова земљишта високо обезбеђена овим елементима. Међутим, његова концентрација опада са дужином за 9,52 mg/100g на месту узорковања парк Калемегдан 2.

Табела 63. Хемијске карактеристике земљишта Парка Калемегдан

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	ТН (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(Г-С)	S	Т								P	K
				mg/100g														
6	P ₁₉	Парк Калемегдан 1	0-10	8,02	7,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,59	3,84	2,23	0,24	0,21	10,60	558,74	98,79
	P ₂₀		10-40	8,22	7,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,20	3,25	1,89	0,00	0,18	10,48	658,10	129,08
	P ₂₁	Парк Калемегдан 2	0-10	8,22	7,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,41	3,93	2,28	0,00	0,24	9,50	131,69	39,30
	P ₂₂		10-40	8,04	7,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,07	2,41	1,40	0,00	0,16	8,75	265,93	29,78

На овом локалитету измерене су више концентрације Cu, Pb и Ni. Концентрација Cu у узорцима P₁₉ (површински слој) и P₂₀ (доњи слој) расте са дужином земљишта и износи 72,89 mg/kg и 78,56 mg/kg, а у узорцима P₂₁ (површински слој) и P₂₂ (доњи слој) опада са дужином и износи 69,27 mg/kg и 49,51 mg/kg. Ове концентрације више су од референтних вредности. Концентрација Pb на оба места узорковања расте са дужином земљишта, а у доњим слојевима је изузетно висока (P₂₀-898,13 mg/kg и P₂₂-143,96 mg/kg). Треба нагласити да у доњем слоју P₂₀ концентрација Pb превазилази и ремедијациону вредност (530 mg/kg). Концентрација Ni као и на свим досада анализираним локалитетима је повишена на оба места узорковања али су њене вредности ипак ниже од референтне и крећу се у распону од 45,25-51,74 mg/kg.

Табела 64. Укупни садржај тешких метала у земљишту парка Калемегдан

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
6	P ₁₉	Парк Калемегдан 1	0-10	109,1073	72,8949	0,4167	111,2774	44,8363	48,1065
	P ₂₀		10-40	112,3667	78,5600	0,4733	898,1333	44,6667	49,2833
	P ₂₁	Парк Калемегдан 2	0-10	115,5193	69,2715	0,7001	88,8948	47,4512	51,7386
	P ₂₂		10-40	83,8766	49,5056	0,4628	143,9758	46,3961	45,2475
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

07 Локалитет – Парк Мањеж

Локалитет парк Мањеж налази се у централној урбанистичкој зони града, а земљиште је узорковано на 1 месту у централном делу парка у 2 слоја (P₂₃ и P₂₄). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 65. и Табели 66. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 67. Земљиште парка Мањеж има уједначено присуство фракције глине у оба слоја (P₂₃-25,20 % и P₂₄-26,80 %), међутим истиче се присуство фракције финог песка од 22,40 % у узорку P₂₃ тако да то земљиште припада класи иловача, а земљиште узорка P₂₄ са 18,90 % ове фракције припада класи праховите иловаче.

Табела 65. Физичке карактеристике земљишта Парка Мањеж

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
				Песак		Прах			Глина	
				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	< 0,002 mm	
7	P ₂₃	0-10	3,14	2,60	22,40	18,20	23,00	8,60	25,20	Иловача
	P ₂₄	10-40	2,94	2,30	18,90	17,30	21,10	13,60	26,80	Праховита иловача

Реакција земљишта у води у оба узорка прати садржај фракције укупне глине и са дубином-расте. рН вредност у површинском слоју земљишта овде износи 7,58, а у доњем 8,16 јединица, па оба слоја земљишта припадају умерено алкалној класи. За разлику од активне киселости, супституциона киселост показује да рН вредност овде расте са дубином земљишта и износи 7,16, односно 7,41 јединица. Присуство CaCO_3 у површинском слоју (P_{23}) износи 8,96 %, а у доњем (P_{24}) 11,83 % што ове слојеве сврстава у класу карбонатних земљишта. Присуство хумуса у површинском (P_{23}) од 3,71 % и у доњем слоју (P_{24}) од 2,59 % указује да се ради о плодном земљишту с обзиром да површински слој припада класи доста хумусних земљишта, а доњи слабо хумусној класи. Садржај ТС у површинском слоју (P_{23}) износи 2,15 %, а у доњем (P_{24}) 1,50 %, док је ОС у површинском слоју 1,08 %, а у доњем 0,08 %. Садржај TN, такође не изостаје, с обзиром да у површинском слоју та вредност износи 0,24 % и припада класи земљишта богатих N, а у доњем 0,15 % и припада класи добро обезбеђених овим елементом. Присуство лако приступачног облика P знатно је ниже него на претходном локалитету, али без обзира на то и површински (P_{23} -36,91 mg/100g) и доњи слој земљишта (P_{24} -25,37 mg/100g) припадају класи високо обезбеђених овим елементом. Међутим, присуство лако приступачног облика K и у површинском (P_{23} -21,13 mg/100g) и у доњем слоју земљишта (P_{24} -17,23 mg/100g) је ниже, тако да ова земљишта припадају класи средње-максимално обезбеђених овим елементима. Однос C/N се креће у уској граници у оба слоја (8,97 и 10,03) и указује да се у земљишту парка Мањез одвија повољна разградња органске материје.

Табела 66. Хемијске карактеристике земљишта Парка Мањез

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	CN	Лако приступачан	
			H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
7	P ₂₃	0-10	7,58	7,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,96	3,71	2,15	1,08	0,24	8,97	36,91	21,13
	P ₂₄	10-40	8,16	7,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,83	2,59	1,50	0,08	0,15	10,03	25,37	17,23

На локалитету Парк Мањез измерене су више концентрације Cu и Ni у односу на ГМВ, где концентрација Cu опада са дубином земљишта, а концентрација Ni расте. Само измерене концентрације Zn и Cu биле су више од њихових референтних вредности.

Табела 67. Укупни садржај тешких метала у земљишту парка Мањез

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
			Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
7	P ₂₃	0-10	94,9085	40,6055	0,4168	34,6671	50,7486	45,5403
	P ₂₄	10-40	98,7000	37,4900	0,4667	35,6000	41,6000	50,6233
Референтна вредност			68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ			140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност			720	190	12	530	380	210

08 Локалитет – Парк у Пожешкој улици

Земљиште у парку у Пожешкој улици узорковано је на 2 места где су узети узорци из по 2 слоја (P_{25} - P_{26} и P_{27} - P_{28}). Парк у Пожешкој улици налази се у приградској урбанистичкој зони града. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 68. и Табели 69. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 70. Према гранулометријском саставу земљиште узорка P_{25} и P_{27} (површински слојеви) припадају класи праховите иловаче

са учешћем фракције глине 20,90 и 23,90 %, а земљиште узорак P₂₆ и P₂₈ (доњи слојеви) су тежег механичког састава и припадају класи праховито глиновите иловаче са учешћем глине од 29,00 и 31,90 %. Истиче се изузетно ниско присуство фракције грубог песка које се кретало у распону од 0,60-1,60 %.

Табела 68. Физичке карактеристике земљишта Парка у Пожешкој улици

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Праш			Глина	
					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	< 0,002 mm	
8	P ₂₅	Парк у Пожешкој улици 1	0-10	3,26	0,70	10,60	25,00	29,20	13,60	20,90	Праховита иловача
	P ₂₆		10-40	3,05	1,40	8,40	23,50	26,70	11,00	29,00	Праховито глиновита иловача
	P ₂₇	Парк у Пожешкој улици 2	0-10	2,99	0,60	19,80	20,20	24,20	11,30	23,90	Праховита иловача
	P ₂₈		10-40	2,65	1,60	15,00	18,10	23,70	9,70	31,90	Праховито глиновита иловача

Реакција земљишта у воденој суспензији расте са дужином земљишта на оба места узорковања, где се рН вредност креће у распону од 7,50-7,82, тако да земљиште овде припада слабо алкалној класи. Изузетак је узорак P₂₇ чија рН реакција неутрална са вредношћу од 7,20. За разлику од претходних локалитета у овом земљишту измерена је и хидролитичка киселост која је јако ниска и креће се у распону од 2,00-5,5 mL0,1MNaOH/50g јединица. Адсорптивни комплекс узорак P₂₅ и P₂₆ карактерише се високим степеном засићености базама и то 95,46 %, односно 95,69 %, што указује на висок садржај хумуса. Тотални капацитет адсорпције у узорку P₂₅ износи 39,30 cmol/kg, а у узорку P₂₆ износи 34,0 cmol/kg, тако да је земљиште на овом месту узорковања добро снабдевано земљишним колоидима, односно носиоцима адсорптивног комплекса. Као што је раније показано ово земљиште је добро снабдевано хумусом тако да са садржајем хумуса од 5,23 % у површинском (P₂₅) и 3,2 % у доњем слоју земљишта (P₂₆) припада класама јако хумусних, односно доста хумусних земљишта. Степен засићености базама у узорцима P₂₇ и P₂₈ нижи је него у узорцима P₂₅ и P₂₆ и износи 49,80 % у површинском слоју (P₂₇) и 50,00 % у доњем слоју земљишта (P₂₈). Тотални капацитет адсорпције овде је знатно нижи него у узорцима P₂₅ и P₂₆ и то у површинском слоју (P₂₇) износи свега 7,12 cmol/kg, а у доњем (P₂₈) 2,60 cmol/kg. Међутим, то није утицало на присуство хумуса у овом земљишту чија вредност у површинском слоју износи 5,75 %, а у доњем 3,17 %. Садржај ТС опада са дужином земљишта и у узорцима P₂₅ и P₂₇ (површински слојеви) износи 3,03 % (P₂₅), односно 3,34 % (P₂₇), а у узорцима P₂₆ и P₂₈ (доњи слојеви) 1,86 % (P₂₆), односно 1,84 % (P₂₈). Земљишта овог парка у односу на остале истражене паркове имају висок садржај ОС који се креће у распону од 1,84-3,34 %. Присуство TN у земљишту овог локалитета је повољно, с обзиром да у површинским слојевима (P₂₅ и P₂₇) припада класи земљишта богатих овим елементом (0,29 %, односно 0,30 %), а у доњим слојевима (P₂₆ и P₂₈) добро обезбеђених (0,16 %, односно 0,18 %). Однос C/N је повољан с обзиром да се креће у распону од 10,21-11,60 у свим узорцима, тако да се у њима одвија повољна минерализација и хумификација органске материје. У погледу садржаја лако приступачног облика Р земљишта овог локалитета се значајно разликују. Површински слој P₂₅ према снабдевености Р спада у класу земљишта високо снабдевених овим елементом са садржајем од 28,05 mg/100g, док доњи слој P₂₆ са садржајем од свега 5,98 mg/100g припада класи веома ниске снабдевености. Земљиште места узорковања P₂₇ и P₂₈ карактерише се ниским садржајем Р у површинском слоју (P₂₇-13,14 mg/100g) и веома ниским у доњем слоју (P₂₈-4,42 mg/100g). Садржај К на оба места узорковања је знатно виши, тако да површински слојеви, на оба места узорковања, према садржају К припадају класи земљишта његове високе обезбеђености (P₂₅-27,40 mg/100g, односно P₂₇-31,80 mg/100g), а доњи слојеви средње-максималне обезбеђености (P₂₆-15,50, односно P₂₈-21,00 mg/100g).

Табела 69. Хемијске карактеристике земљишта Парка у Пожешкој улици

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	ТN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
				mg/100g														
8	P ₂₅	Парк у Пожешкој улици 1	0-10	7,50	7,04	2,75	1,79	37,55	39,34	95,46	0,00	5,23	3,03	3,03	0,29	10,46	28,05	27,40
	P ₂₆		10-40	7,82	7,13	2,25	1,46	32,50	33,96	95,69	0,00	3,20	1,86	1,86	0,16	11,60	5,98	15,50
	P ₂₇	Парк у Пожешкој улици 2	0-10	7,20	6,62	5,50	3,58	3,55	7,12	49,80	0,00	5,75	3,34	3,34	0,30	11,12	13,14	31,80
	P ₂₈		10-40	7,71	7,11	2,00	1,30	1,30	2,60	50,00	0,00	3,17	1,84	1,84	0,18	10,21	4,42	21,00

Ni је једини тешки метал чија је концентрација на овом локалитету виша од ГМВ, при чему се у узорку P₂₅ у површинском слоју земљишта налази у вредностима испод ГМВ (P₂₅-33,43 mg/kg). Треба истаћи да на оба места узорковања вредности Ni расту са дужином земљишта, као и за Zn. Средња вредност концентрације Pb расте са дужином земљишта у узорцима P₂₅ (површински слој) и P₂₆ (доњи слој), а средње вредности концентрација Cr у узорцима P₂₅ (површински слој) и P₂₆ (доњи слој) опадају са дужином. Измерене концентрације свих истраживаних тешких метала биле су ниже од њихових референтних вредности.

Табела 70. Укупни садржај тешких метала у земљишту парка у Пожешкој улици

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
8	P ₂₅	Парк у Пожешкој улици 1	0-10	68,1223	15,8672	0,1333	20,9707	37,9413	33,4311
	P ₂₆		10-40	65,3973	18,3175	<blank	24,9875	32,7570	40,2899
	P ₂₇	Парк у Пожешкој улици 2	0-10	63,2969	16,2677	0,2101	24,7066	28,9310	38,3569
	P ₂₈		10-40	62,5687	21,2714	<blank	23,0096	41,7169	49,8984
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

09 Локалитет – Парк Беле Воде

Парк Беле Воде припада приградској урбанистичкој зони града, а земљиште је узорковано на 2 места, по 2 површинска и 2 доња слоја (P₂₉-P₃₀ и P₃₁-P₃₂). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 71. и Табели 72. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 73. Сви узорци са овог локалитета припадају класи праховито глиновитих иловача са присуством фракције глине у уском распону од 33,70-36,30 %. Као и на претходном локалитету и овде је измерено ниско присуство фракције грубог песка која се кретала у распону од 0,10-0,50 %. Процент хигроскопне воде у свим узорцима био је виши од 3 %.

Табела 71. Физичке карактеристике земљишта Парка Беле воде

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
9	P ₂₉	Парк Беле Воде 1	0-10	3,81	0,50	18,60	17,30	21,90	8,00	33,70	Праховито глиновита иловача
	P ₃₀		10-40	3,15	0,10	19,40	10,50	25,60	8,10	36,30	Праховито глиновита иловача
	P ₃₁	Парк Беле Воде 2	0-10	3,79	0,40	19,60	12,60	24,00	8,50	34,90	Праховито глиновита иловача
	P ₃₂		10-40	3,07	0,20	8,10	24,00	23,20	8,70	35,80	Праховито глиновита иловача

Активна киселост површинских слојева (P₂₉ и P₃₁) земљишта овог локалитета је слабо алкална (pH 7,63, односно 7,41), док доњи слојеви (P₃₀ и P₃₂) показују неутралну реакцију с обзиром да pH вредност износи 7,04, односно 6,88 јединица. Супституциона киселост на оба места узорковања опада са дубином земљишта и креће се у распону од 5,86-6,73 јединица. Хидролитичка киселост измерена је само у доњим слојевима земљишта (P₃₀ и P₃₂) и веома је ниска 5,50 mL0,1MNaOH/50g, односно 5,86 mL0,1MNaOH/5, што је резултирало високим степеном засићености адсорптивног комплекса базама (87,36 %, односно 86,78 %). Садржај хумуса у површинском слоју (P₂₉) износи 3,59%, што овај слој класификује као доста хумусни, а доњи слој земљишта (P₃₀) као слабо хумусни са вредношћу од 2,17 %. Земљиште узорка P₃₁ и P₃₂ припадају класи слабо хумусних земљишта са процентуалним садржајем хумуса 2,77 %, односно 2,60 %. Присуство ТС у овим земљиштима кретало се у распону од 2,26-2,08 %, а ОС од 2,26-2,07 %. Садржај TN прати садржај хумуса тако да је измерена виша концентрација у површинским узорцима земљишта (P₂₉ и P₃₁) што ове слојеве класификује као богате N (0,23, односно 0,18 %), док доњи слојеви (P₃₀ и P₃₂) припадају класи добро обезбеђених овим елементом. Однос C/N који се креће у распону од 6,29-11,60 указује да се у овим земљиштима одвијају повољни услови за микробиолошку активност. Присуство лако приступачног облика P у земљиштима овог локалитета највише је у површинском слоју P₂₉ (износи 20,64 mg/100g) и знатно је виши у односу на остале истраживане узорке овог локалитета, где се креће у распону од 0,46-1,88 mg/100g. Присуство K овде је високо, тако да су сви узорци овог локалитета у категорији средње-максимално обезбеђених (15,67-22,01 mg/100g) овим елементом.

Табела 72. Хемијске карактеристике земљишта Парка Беле Воде

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
				cmol/kg					mg/100g									
9	P ₂₉	Парк Беле	0-10	7,63	6,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	3,59	2,08	2,07	0,23	9,05	20,64	21,22
	P ₃₀	Боде 1	10-40	7,04	6,13	5,50	3,58	24,70	28,28	87,36	0,00	2,17	1,26	1,26	0,20	6,29	1,57	15,67
	P ₃₁	Парк Беле	0-10	7,41	6,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	2,77	1,61	1,56	0,18	8,93	1,88	22,01
	P ₃₂	Боде 2	10-40	6,88	5,86	6,00	3,90	25,60	29,50	86,78	0,00	2,60	1,51	1,51	0,13	11,60	0,46	17,67

Концентрације Ni и на овом локалитету су измерене у вредностима које су изнад ГМВ и крећу се у распону од 41,20-42,40 mg/kg. Такође, на овом локалитету измерена је и повишена концентрација Cu, али само у узорцима P₃₁ и P₃₂ су измерене вредности од 37,32 mg/kg и 36,96 mg/kg. Измерене концентрације Cu биле су више од његове референтне вредности, као и концентрација Cr и узорку P₂₉.

Табела 73. Укупни садржај тешких метала у земљишту парка Беле Воде

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
9	P ₂₉	Парк Беле	0-10	67,8438	31,3192	0,3635	32,7764	58,1799	42,4003
	P ₃₀	Воде 1	10-40	62,8171	29,0248	0,3467	25,9177	47,7646	42,1570
	P ₃₁	Парк Беле	0-10	64,4245	37,3221	0,5633	29,5123	47,3818	41,7219
	P ₃₂	Воде 2	10-40	63,0529	36,9571	0,2531	29,0268	45,3937	41,2070
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

10 Локалитет – Парк Миљаковачки извори

На локалитету парк Миљаковачки извори земљиште је узорковано на 1 месту из 2 слоја (P₃₃ и P₃₄). Као и претходни локалитет и овај се налази у оквиру приградске урбанитичке зоне

града. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 74. и Табели 75. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 76. Земљиште овог локалитета као и претходног припада класи праховито глиновитим иловачама са присуством фракције глине од 33,90 % у узорку P₃₃ и 36,30 % у узорку P₃₄. Процент хигроскопне воде је висок у оба слоја земљишта и износи 3,78 % у узорку P₃₃ и 3,83 % у узорку P₃₄.

Табела 74. Физичке карактеристике земљишта Парка Миљаковачки извори

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
				Песак		Праш			Глина	
				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	< 0,002 mm	
10	P ₃₃	0-10	3,78	1,20	11,90	19,70	23,40	9,90	33,90	Праховито глиновита иловача
	P ₃₄	10-40	3,83	1,50	19,30	14,80	19,30	8,80	36,30	Глиновита иловача

Активна киселост у оба слоја земљишта је умерено алкална (7,79 у површинском и 8,09 у доњем слоју земљишта). рН_{Ca} вредност опада са дужином земљишта и износи 7,11 у површинском и 7,03 у доњем слоју земљишта. Присуство CaCO₃ у овом земљишту је ниско и расте са његовом дужином. Површински слој (P₃₃) са вредношћу од 0,23 % припада класи безкарбонатних земљишта, док доњи слој (P₃₄) са вредношћу од 1,21 % припада класи слабо карбонатних земљишта, и на доњој је граници ове класе. Садржај хумуса у земљишту овде са дужином опада, тако да оба слоја припадају категорији слабо хумусних земљишта (2,67 %, односно 1,62 %). ТС присутан је у оба слоја земљишта и то у површинском слоју 1,55 %, а у доњем 0,94 %. а ОС је овде 1,52 % и 0,80 %. TN присутан је само у површинском слоју (P₃₃) са вредношћу од 0,17 %, што овај слој земљишта сврстава у класу добро обезбеђених овом елементом. Однос C/N од 9,12 указује да се у овом слоју као и претходним узорцима земљишта одвија повољна минерализација и хумификација органске материје. Такође, као и на претходном локалитету и на овом веома је низак садржај лако приступачног облика P (P₃₃-3,08 mg/100g, односно (P₃₄-2,74 mg/100g), док је измерена средње-максимална обезбеђеност K (P₃₃-19,24 mg/100g, односно P₃₄-16,46 mg/100g).

Табела 75. Хемијске карактеристике земљишта Парка Миљаковачки извори

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
			H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
			cmol/kg					mg/100g									
10	P ₃₃	0-10	7,79	7,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	2,67	1,55	1,52	0,17	9,12	3,08	19,24
	P ₃₄	10-40	8,09	7,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	1,62	0,94	0,80	0,00	0,00	2,74	16,46

У парку Миљаковачки извори у концентрацијама које су више од ГМВ измерена је само концентрација Ni и то 53,08 mg/kg у површинском слоју (P₃₃) и 56,10 mg/kg у доњем слоју земљишта (P₃₄). Концентрација Ni на овом локалитету расте са дужином земљишта, као и концентрација Cd, Pb и Cr. Измерене концентрације Zn у оба слоја биле су више од његове референтне вредности, као и концентрација Cr у доњем слоју земљишта.

Табела 76. Укупни садржај тешких метала у земљишту парка Миљаковачки извори

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
			Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
10	P ₃₃	0-10	70,9227	31,6783	0,0100	25,0692	52,1758	53,0795
	P ₃₄	10-40	63,6788	30,1200	0,2166	25,4215	53,7587	56,1046
Референтна вредност			68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ			140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност			720	190	12	530	380	210

4.3.2. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима индустријских комплекса/зона

Одређивање физичких и хемијских карактеристика и садржаја тешких метала у земљиштима индустријских комплекса/зона извршено је лабораторијским испитивањем земљишта узрокованог на терену са 5 локалитета, где је узорковано укупно 10 узорака. Приградској урбанистичкој зони града припада 4 индустријска комплекса/зоне а 1 спољној.

11 Локалитет – 21. мај Београд

Земљиште фабрике 21. мај Београд је узорковано на 1 месту из 2 слоја (I₁–I₂). Овај локалитет налази се у приградској урбанистичкој зони града. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 77. и Табели 78. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 79. Истиче се присуство фракције грубог песка у узорку I₂ са вредношћу од 23,20 % и фракције финог песка од 38,80 %. Ове вредности у узорку I₁ су за око 10 % ниже.

Табела 77. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету – 21. мај Београд

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
				Песак		Прах			Глина	
				2,0-0,2 mm	0,2-0,06 mm	0,06-0,02mm	0,02-0,006 mm	0,006-0,002 mm	< 0,002 mm	
11	I ₁	0-10	2,27	13,40	28,00	13,00	20,00	8,20	17,40	иловача
	I ₂	10-40	1,97	23,20	38,80	8,30	12,30	11,30	6,10	песковита иловача

Реакција земљишта површинског слоја у воденој емулзији износи 8,14 (I₁), а у доњем 8,12 (I₂) што ово земљиште сврстава у класу умерено алкалних земљишта. Садржај CaCO₃ износи 7,63 % (I₁), односно 9,57 % (I₂). Присуство хумуса од 5,06 и 6,74 % сврстава ово земљиште у класу јако хумусних земљишта. Неуобичајено је да процентуално учешће хумуса расте са дубином, као и процентуално учешће ТС (површински слој 2,93 % и доњи 3,91 %). Такође, забележене су високе вредности ОС и то 2,02 % (I₁) и 2,76 % (I₂). За разлику од хумуса и ТС присуством TN опада са дубином тако да се у површинском слоју налази 0,24 %, а у доњем 0,21 %, што оба слоја класификује као богатим N. Као и на претходном локалитету измерен је низак садржај лако приступачног облика P (I₁-9,03 и I₂-7,24 mg/100g), док је присуство K високо (I₁-36,22 и I₂-25,66 mg/100g).

Табела 78. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету – 21. мај Београд

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	pH		Y 1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	N (%)	C/N	Лако приступачан	
			H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
			cmol/kg					mg/100g									
11	I ₁	0-10	8,14	7,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,63	5,06	2,93	2,02	0,24	12,23	9,03	36,22
	I ₂	10-40	8,12	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,57	6,74	3,91	2,76	0,21	18,62	7,24	25,66

На овом локалитету измерене концентрације Cu, Cd и Ni биле су више од ГМВ и референтних вредности. Треба истаћи да концентрације ових тешких метала, као и Zn и Sr расту са дубином земљишта. Концентрација Cu у површинском слоју земљишта износила је

40,68 mg/kg, а у доњем 64,02 mg/kg, а концентрација Cd 0,83 mg/kg (у површинском слоју) и 1,03 mg/kg (у доњем слоју) и Ni 92,37 mg/kg (површински слој) и 141,36 mg/kg (доњи слој). Такође, измерене концентрације Zn и Cr биле су више од њихових референтних вредности.

Табела 79. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету – 21. мај Београд

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
			Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
11	I ₁	0-10	103,9211	40,6769	0,8329	39,2078	58,6068	92,3677
	I ₂	10-40	118,9424	64,0211	1,0329	30,2446	59,6761	141,3601
Референтна вредност			68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ			140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност			720	190	12	530	380	210

12 Локалитет – Ливница Раковица

Ливница Раковица, такође као и фабрика Раковица 21. мај налази у приградској урбанистичкој зони Београда. Земљиште Ливнице Раковица узорковано је такође на 1 месту из 2 слоја (I₃ и I₄). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 80. и Табели 81. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 82. Процентуално учешће фракције ситан песак у површинском слоју износи 55,20 %, а у доњем 53,20 %, а учешће фракције крупног песка у оба слоја износи 20,60 %. Очекивано веома је ниско присуство хигроскопне воде које у просеку износи 1,38 %.

Табела 80. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету – Ливница Раковица

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстура класа
				Песак		Прах			Глина	
				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	< 0,002 mm	
12	I ₃	0-10	1,37	20,60	55,20	7,50	8,10	2,80	5,80	песковита иловача
	I ₄	10-40	1,38	20,60	53,20	8,40	7,30	3,10	7,40	песковита иловача

Хемијска реакција у воденој суспензији је умерено алкална (pH 7,84 и 8,12). рН_{Ca} вредност у површинском слоју (I₃) износи 7,08, а доњем (I₄) 7,25. Присуство СаСО₃ овде је ниско и износи 3,52 %, односно 3,28 %. Земљиште овог профила је јако хумусно са процентуалним учешћем хумуса у површинском д 7,37 % и 5,80 % у доњем слоју земљишта. Садржај ТС са дубином земљишта опада и износи у површинском слоју 4,28 %, док је та вредност у доњем 3,36 %, као и ОС који је у површинском слоју 3,85%, а у доњем 2,97 %. Присуство TN прати присуство хумуса и ТС, тако да је површински слој богат N (0,24 %), а доњи њиме добро обезбеђен (0,18 %). На овом локалитету измерен је шири однос C/N и то у узорку I₅ његова вредност је 17,82, а у узорку I₆ 18,68, што овде указује на нешто спорију разградњу органске материје него на претходно описаном локалитету. Садржај лако приступачног облика Р у површинском слоју земљишта је 20,38 mg/100g тако да је овај слој средње-максимално обезбеђен, а у доњем је 11,51 mg/100g што овај слој чини ниско обезбеђеним. Присуство К од 29,62 mg/100g (I₃) и 21,70 mg/100g (I₄) ово земљиште сврстава у високо снабдевеним овим елементом.

Табела 81. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету – Ливница Раковица

Број локалите	Ознака узорка	Дубина (cm)	pH		Yl mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	N (%)	C/N	Лако приступачан	
			H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
			cmol/kg													mg/100g	
12	I ₃	0-10	7,84	7,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,52	7,37	4,28	3,85	0,24	17,82	20,38	29,62
	I ₄	10-40	8,12	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,28	5,80	3,36	2,97	0,18	18,68	11,51	21,70

У земљишту Ливнице Раковица измерене су знатно више концентрације истраживаних тешких метала него на претходном локалитету. У Табели 82. може се видети да су концентрације свих истраживаних тешких метала изнад ГМВ и референтних вредности. Измерене концентрације Zn су у површинском слоју земљишта (I₃) 213,47 mg/kg и у доњем (I₄) 151,06 mg/kg, Cu 61,17 mg/kg (I₃) и 54,37 mg/kg (I₄), Cd 1,64 mg/kg (I₃) и 1,49 mg/kg (I₄), Pb 165,24 mg/kg (I₃) и 140,67 mg/kg (I₄), Cr 107,37 mg/kg (I₃) и 107,65 mg/kg (I₄) и Ni 116,16 mg/kg (I₃) и 105,60 mg/kg (I₄).

Табела 82. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету - Ливница Раковица

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
			Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
12	I ₃	0-10	213,4654	61,1718	1,6411	165,2364	107,3668	116,1585
	I ₄	10-40	151,0599	54,3664	1,4866	140,6673	107,6462	105,5963
Референтна вредност			68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ			140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност			720	190	12	530	380	210

13 Локалитет - ИМР

Као и претходна 2 локалитета и фабрика ИМР налази се у приградској урбанистичкој зони Београда. И на овом локалитету земљиште је узорковано на 1 месту из 2 слоја (I₅ и I₆). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 83. и Табели 84. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 85. Земљиште узорка I₅ припада класи глиновитих иловача са процентуалним присуством глине од 31,20 %, као и земљиште узорка I₆ са процентуалним присуством глине од 25,30 %.

Табела 83. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету – ИМР

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
				Песак		Прах			Глина	
				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	< 0,002 mm	
13	I ₅	0-10	3,04	5,90	16,70	13,80	23,60	8,80	31,20	глиновита иловача
	I ₆	10-40	2,66	10,90	22,20	12,70	20,40	8,50	25,30	глиновита иловача

Хемијска реакција у воденој суспензији је умерено алкалне реакције са рН вредношћу 8,09 (I₅) и 8,18 (I₆). Присуство CaCO₃ је ниско и износи 3,53 (I₅) и 2,87 % (I₆) тако да је земљиште овог локалитета слабо карбонатно. Садржај хумуса у површинском слоју земљишта је 2,07, а у доњем 2,24 %, што ово земљиште сврстава у слабо хумсну класу. Садржај ТС расте са дубином земљишта и износи 1,20 % у површинском слоју, а у доњем 1,30 %. Као и хумус и ТС присуство ОС расте са дубином земљишта, тако да у површинском слоју има вредност 1,20 %, а у доњем 1,30 %.

а у доњем 1,30 %. Присуство TN указује да земљиште овде припада класи добро обезбеђених овим елементом, мада садржај од 0,12 %, у оба слоја, на доњој је граници ове класе. Узак однос C/N показује да се у овом земљишту одвија повољна минерализација и хумификација органске материје (I₅-9,99 и I₆-10,81). Садржај лако приступачног облика P расте са дужином земљишта и припада класи ниске обезбеђености (I₅-8,00 mg/100g и I₆-10,75 mg/100g), док је садржај K ово земљиште сврстава у класу средње-максималне обезбеђености (I₅-19,77 mg/100g и I₆-20,39 mg/100g).

Табела 84. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету – ИМР

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	TC (%)	OC (%)	N (%)	C/N	Лако приступачан	
			H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
13	I ₅	0-10	8,09	7,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53	2,07	1,20	0,78	0,12	9,99	8,00	19,77
	I ₆	10-40	8,18	7,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,87	2,24	1,30	0,95	0,12	10,81	10,75	20,39

У земљишту фабрике ИМР такође су измерене високе концентрације истраживаних тешких метала изузев Cr. Све концентрације метала опадају са дужином, а у оба слоја земљишта више су од ГМВ (36 mg/kg) и референтних вредности, изузев Ni (I₅-41,34 mg/kg и I₆-39,03 mg/kg).

Табела 85. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету - ИМР

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
			Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
13	I ₅	0-10	281,1963	57,3669	1,8784	181,3462	37,6574	41,3442
	I ₆	10-40	212,2245	50,2592	1,1740	114,7095	45,6002	39,0348
Референтна вредност			68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ			140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност			720	190	12	530	380	210

14 Локалитет - Ливница Победа Београд

Ливница Победа Београд, налази се такође у приградској урбанистичкој зони Београда, на општини Звездара. Непосредна околина овог локалитета је густо насељена. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 86. и Табели 87. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 88. Земљиште је испитано на 1 месту у 2 слоја (I₇ и I₈). Земљиште узорка I₇ са 24,20 % фракције глине припада класи праховитих иловача, а узорка I₈ са 28,80 % праховито глиновитој иловачи.

Табела 86. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету – Ливница Победа

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстуерна класа
				Песак		Праш			Глина	
				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		
14	I ₇	0-10	3,06	2,00	19,20	21,10	22,00	11,50	24,20	праховита иловача
	I ₈	10-40	3,05	0,80	18,10	22,40	20,50	9,40	28,80	праховито глиновита иловача

pH вредност опада са дужином, а земљиште је умерено алкалне реакције у воденој суспензији (I₇-8,02 и I₈-7,96). pH вредност у CaCl₂ расте с дужином и у узорку I₇ износи 7,22, а

у узорку I₈ 7,39. Садржај СаСО₃ расте са дубином земљишта, али је он овде присутан у малим количинама тако да је земљиште безкарбонатно у оба узорка (I₇-1,25 % и I₈-2,52 %). Земљиште узорка I₇ је богато хумусом (3,52 %), а земљиште узорка I₈ је добро њиме обезбеђено (2,30 %). Присуство ТС у узорку I₇ износи 2,04 %, а у узорку I₈ 1,34 %. И присуство ОС опада са дубином земљишта, а у I₇ износи 1,89 % и у I₈ 1,03 %. Присуство TN у оба узорка је у класи добро обезбеђених са процентуалним садржајем од 0,20 % у узорку I₇ и 0,14 % у узорку I₈. Однос C/N за разлику од претходног локалитета износи 10,21 и 9,54, тако да се у овом земљишту одвија повољна минерализација и хумификација органске материје. Присуство лако приступачних облика P у оба узорка је високо и опада са дубином земљишта (I₇-60,24 mg/100g и I₈-29,94 mg/100g). Присуство лако приступачног облика K у узорку I₇ (као и P) је високо са вредношћу од 33,58 mg/100g што га сврстава у категорију високо обезбеђених овим елементом, док је земљиште узорка I₈ са вредношћу од 23,02 mg/100g у категорији средње-максимално обезбеђеног овим елементом.

Табела 87. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету – Ливница Победа

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	N (%)	C/N	Лако приступачан	
			H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
			cmol/kg			mg/100g											
14	I ₇	0-10	8,02	7,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	3,52	2,04	1,89	0,20	10,21	60,24	33,58
	I ₈	10-40	7,96	7,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,52	2,30	1,34	1,03	0,14	9,54	29,94	23,02

За разлику од претходни локалитета овде су измерене ниже концентрације Zn, Cu, Cd и Ni. Концентрација Zn у површинском слоју (163,54 mg/kg) виша је од ГМВ, док у доњем није, али су обе утврђене концентрације више од ГМВ. Измерене концентрације Cu у оба слоја (I₇-43,31 и I₈-46,22 mg/kg) више су и од ГМВ и његове референтне вредности. Концентрација Cd је у површинском слоју (I₇-1,00 mg/kg) виша и од ГМВ и референтне вредности док је у доњем слоју земљишта измерена концентрација (I₈-0,70 mg/kg) нижа од ГМВ и његове референтне вредности, али на горњој граници. Концентрације Ni у површинском (I₇-75,95 mg/kg) и доњем слоју земљишта овде је (I₇-55,60 mg/kg) виша и од ГМВ и од референтне вредности.

Табела 88. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету – Ливница Победа

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
			Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
14	I ₇	0-10	163,5427	43,3094	1,0032	55,6541	61,4298	75,9507
	I ₈	10-40	93,5869	46,2218	0,7033	30,2323	55,8781	55,6048
Референтна вредност			68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ			140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност			720	190	12	530	380	210

15 Локалитет - Грмеч, Земун

Грмеч, Земун налази се у спољној урбанистичкој зони града, на општини Земун. Као и код претходних локалитета земљиште је узорковано на 1 месту из 2 слоја (I₉ и I₁₀). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 89. и Табели 90. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 91. Земљиште овог локалитета припада класи иловача са садржајем фракције глине од 19,30 % и 24,20 %.

Табела 89. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету – Грмеч, Земун

Број локалитет	Ознака узорка	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
				Песак		Прах			Глина	
				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	< 0,002 mm	
15	I ₉	0-10	2,04	10,20	33,00	14,70	15,70	7,10	19,30	Иловача
	I ₁₀	10-40	2,14	5,60	28,70	16,40	18,00	7,10	24,20	Иловача

Хемијска реакција у води је умерено алкална (8,23 и 8,14). Присуство CaCO₃ је више него на претходним локалитетима тако да земљиште овог локалитета припада карбонатној класи (8,36 и 9,36 %). Земљиште узорка I₉ је богато хумусом (3,81 %), а узорка I₁₀ њиме добро обезбеђено (2,33 %). Присуство ТС износи 2,21 у узорку I₉, односно 1,35 % у I₁₀, а ОС у узорку I₉ износи 1,20 %, а у узорку I₁₀ 0,23 %. Садржај TN у земљишту оба узрока сврстава их у класу добро обезбеђених азотом (0,18 и 0,12 %). Садржај P у површинском слоју (I₉) износи 17,26 mg/100g што овај слој сврстава у класу средње-максимално обезбеђеног, а доњи (I₁₀) са 11,61 mg/100g у класу ниске обезбеђености. Присуство K у површинском слоју (I₉) од 12,03 mg/100g је на доњој граници класе средње-максималне обезбеђености, а доњи слој (I₉) је са вредношћу од 11,15 mg/100g на горњој граници класе ниске обезбеђености.

Табела 90. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету – Грмеч, Земун

Број локалитет	Ознака узорка	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V (%)	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	N (%)	C/N	Лако приступачан	
			H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
			cmol/kg					mg/100g									
15	I ₉	0-10	8,23	7,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,36	3,81	2,21	1,20	0,18	12,27	17,26	12,03
	I ₁₀	10-40	8,14	7,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,36	2,33	1,35	0,23	0,12	11,28	11,61	11,15

За разлику од претходних локалитета на овом измерене су концентрације Cd и Ni које су више од ГМВ и његове референтне вредности. У површинском слоју (I₉) концентрација Cd износи 1,16 mg/kg, а у доњем (I₁₀) 0,94 mg/kg. И концентрација Ni опада са дужином земљишта, а у површинском слоју (I₉) износи 52,83 mg/kg, а у доњем (I₁₀) 52,36 mg/kg. И концентрације Zn и Pb у површинском слоју више су од њихових референтних вредности, а измерена концентрација Cr виша је само у доњем слоју.

Табела 91. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету – Грмеч, Земун

Број локалитета	Ознака узорка	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
			Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
15	I ₉	0-10	82,4049	23,6390	1,1634	55,1722	66,2733	52,8253
	I ₁₀	10-40	67,7144	23,2392	0,9366	31,2823	54,7782	52,3616
Референтна вредност			68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ			140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност			720	190	12	530	380	210

4.3.3. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима уз саобраћајна чворишта

Одређивање физичких и хемијских карактеристика и концентрација тешких метала земљишта саобраћајних чворишта извршено је лабораторијским испитивањем земљишта узрокованог на терену са 8 локалитета (са по 4 места узорковања), где је узорковано укупно 64 узорака. Централној урбанистичкој зони града припада 4 локалитета, а 4 средњој. У истраживаним земљиштима уз саобраћајна чворишта у табелама нису приказане аналитичке вредности за параметре адсорптивног комплекса ((Т-S), S и Т) с обзиром да су имали вредност 0,00.

16 Локалитет - Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Е70

Локалитет саобраћајно чвориште Аутопута Е75 и саобраћајног праваца Е70, односно аутопута за Нови Сад налази се у приградској урбанистичкој зони града. На овом локалитету земљиште је узорковано на 4 места, са десне стране пре и после саобраћајног чворишта (S₁-S₂ и S₃-S₄) и са леве стране пре и после саобраћајног чворишта (S₅-S₆ и S₇-S₈). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 92. и Табели 93. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 94. У погледу гранулометријског састава земљиште овог локалитета је варијабилно, што је и очекивано с обзиром да је реч о земљишту дуж саобраћајнице. Земљишта узорака S₁ и S₂ припадају класи иловача, а земљишта S₃ и S₄ класи праховитој иловачи као и земљиште узорка S₇, док земљишта узорака S₅ и S₆ припадају песковитим иловачама, а земљиште S₈ праховито глиновитој иловачи.

Табела 92. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету 16 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Е70

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Праш			Глина	
					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	< 0,002 mm	
16	S ₁	Десна страна пре чвора	0-10	1,78	11,90	36,90	9,30	16,30	7,60	18,00	иловача
	S ₂		10-40	2,16	7,50	22,00	14,70	20,00	10,70	25,10	иловача
	S ₃	Десна страна после чвора	0-10	2,67	2,00	20,30	20,60	23,40	9,50	24,20	праховита иловача
	S ₄		10-40	2,53	3,50	14,80	21,80	24,10	9,50	26,30	праховита иловача
	S ₅	Лева страна пре чвора	0-10	1,12	23,80	29,60	13,70	14,40	6,70	11,80	песковита иловача
	S ₆		10-40	1,22	22,90	31,40	13,00	13,10	6,40	13,20	песковита иловача
	S ₇	Лева страна после чвора	0-10	2,44	3,30	20,50	17,30	22,00	11,60	25,30	праховита иловача
	S ₈		10-40	2,02	2,00	14,80	21,80	22,50	11,00	27,90	праховито глиновита иловача

Хемијска реакција у води земљишта овог локалитета сврстава га у класу јако алкалних земљишта, с обзиром да се рН вредност креће у распону од 8,56-8,88. Изузетак су земљишта узорака S₃ (површински слој) и S₄ (доњи слој) који припадају класи умерено алкалних са рН вредностима 8,41 и 8,21 и земљиште узорка S₇ чија рН вредност износи 8,45. рН вредност у СаCl₂ креће се у распону од 7,10-7,56. Садржај у СаСО₃ у узорцима овог локалитета са дубином земљишта расте изузев на месту узорковања са леве стране пре саобраћајног чворишта, где опада са дубином за 1,54 % (S₅ и S₆). Земљишта узорака S₁, S₃, S₄, S₆ и S₇ припадају класи слабо карбонатних земљишта (1,87-4,67 %), док земљишта узорака S₂, S₅ и S₈ припадају класи карбонатних земљишта (6,13-9,01 %). Садржај хумуса опада са дубином земљишта. Сви површински слојеви земљишта овде припадају класи јако хумусних (5,37-8,50 %), изузев

површинског слоја узорка S₇ који са садржајем хумуса од 4,39 % припада класи средње хумусних. Присуство ТС креће се у распону од 1,37-4,93 %, а ОС у распону од 4,18-0,29 %. Садржај TN је као и садржај хумуса најнижи у површинском слоју земљишта на месту узорковања S₇ са леве стране после саобраћајног чворишта тако да је овај слој добро обезбеђен N (0,07 %), док су површински слојеви остала три места узорковања (S₁, S₃ и S₅) богата овим елементом (0,22-0,29 %). Однос C/N је варијабилан на овом локалитету и расте са дужином земљишта на свим местима узорковања, а креће се у распону од 10,82-19,62, тако да се у овим земљиштима одвија повољан процес минерализације органске материје. Међутим, на месту узорковања са леве стране пре саобраћајног чворишта (S₅ и S₆) овај однос је већи у површинском слоју земљишта и износи 22,40 и у доњем 29,28 тако да је минерализација органске материје овде успорена. Управо овако широк однос C/N на овом месту узорковања може оправдати и висок проценат хумуса у површинском слоју земљишта, где долази до његовог нагомилавања. Садржај лако приступачног облика P опада са дужином у свим узорцима земљишта овог локалитета. Највиши садржај P измерен је у узорку S₅ (17,51 mg/100g), тако да ово земљиште припада класи средње-максимално обезбеђених овим елементом. Земљиште узорка S₁ са вредношћу од 11,47 mg/100g P припада класи ниско обезбеђених овим елементом. Остали узорци овог локалитета су врло ниско обезбеђени P с обзиром да се његове вредности крећу у распону од 3,20-9,16 mg/100g. Садржај лако приступачног облика K такође опада са дужином земљишта и у свим узорцима овог локалитета је средње максималан и креће се у распону од 9,30-21,81 mg/100g. Изузетак је земљиште узорка S₁ где је висока обезбеђеност P. Његова измерена вредност од 21,35 mg/100g овде се налази на доњој граници класе за иловаче.

Табела 93. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету 16 саобраћајног чворишта: Аутопут E75 и E70

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂								P	K
16	S ₁	Десна страна пре чвора	0-10	8,58	7,42	0,00	4,36	5,41	3,14	2,61	0,29	10,82	11,47	21,35
	S ₂		10-40	8,75	7,49	0,00	6,13	3,36	1,95	1,21	0,12	16,23	5,79	10,69
	S ₃	Десна страна после чвора	0-10	8,41	7,56	0,00	1,87	5,37	3,12	2,89	0,25	12,46	9,16	21,81
	S ₄		10-40	8,21	7,24	0,00	3,72	4,21	2,44	2,00	0,15	16,28	5,94	13,47
	S ₅	Лева страна пре чвора	0-10	8,63	7,36	0,00	6,21	8,50	4,93	4,18	0,22	22,40	17,51	13,93
	S ₆		10-40	8,88	7,47	0,00	4,67	3,53	2,05	1,49	0,07	29,28	7,82	13,47
	S ₇	Лева страна после чвора	0-10	8,45	7,10	0,00	4,02	4,39	2,55	2,07	0,19	13,42	4,98	16,25
	S ₈		10-40	8,56	7,47	0,00	9,01	2,37	1,37	0,29	0,07	19,62	3,20	9,30

У земљиштима на овом локалитету утврђена је висока концентрација истраживаних тешких метала. Изузетак је Cr чије је повишена концентрација измерена само у узорку S₆ где је са вредношћу од 105,75 mg/kg концентрација оваг елемента изнад ГМВ. Концентрације Zn опадају са дужином земљишта, а више концентрације од ГМВ измерене су у свим површинским слојевима земљишта на овом локалитету у распону од 142,72-469,12 mg/kg, осим на месту узорковања са леве стране после саобраћајног чворишта (S₇). Све измерене концентрације истраживаних тешких метала више су од њихових референтних вредности. У доњим слојевима земљишта више концентрације Zn измерене су само у узорцима S₂ и S₆ са вредностима од 169,48 и 243,59 mg/kg. Присуство Cu прати присуство Zn, односно његове више концентрације измерене су у истоветним узорцима као и за Zn, али у знатно нижим концентрацијама које су се кретале у распону од 42,64-152,84 mg/kg. Више концентрације Cd измерене су у свим површинским слојевима овог локалитета и кретале су се у распону од 0,86-2,47 mg/kg. У доњим слојевима више концентрације Cd измерене су у свим узорцима, осим S₄ и S₈, а кретале су се у распону од 0,86-1,55 mg/kg. Више концентрације Pb измерене су у истим узорцима као Zn и Cu, а вредности су се кретале од 113,81-472,35 mg/kg. Присуство Ni

измерено је у свим узорцима у повишеним концентрацијама које су се кретале у уском распону од 46,53-55,69 mg/kg.

Табела 94. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету 16 саобраћајног чворипта: Аутопут Е75 и Е70

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
16	S ₁	Десна страна пре чвора	0-10	392,2869	71,5976	1,6033	250,3917	71,3110	49,8317
	S ₂		10-40	169,4836	42,6376	0,8768	113,8080	51,2251	48,3415
	S ₃	Десна страна после чвора	0-10	142,7191	48,3939	0,8630	129,2236	62,7024	48,4439
	S ₄		10-40	91,0334	35,8365	0,6536	68,2550	60,2621	48,8813
	S ₅	Лева страна пре чвора	0-10	469,1218	152,8445	2,4696	472,3546	81,3998	55,6907
	S ₆		10-40	243,5880	62,7673	1,5489	299,7135	105,7491	54,6966
	S ₇	Лева страна после чвора	0-10	98,3967	35,9000	0,8700	60,9733	51,7167	46,5267
	S ₈		10-40	68,2534	28,1488	0,2665	38,0825	47,2567	47,4666
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

17 Локалитет - Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Омладинских Бригада

Овај локалитет припада централној урбанистичкој зони града. Као и на претходном локалитету и овде је земљиште узорковано на 4 места, и то са десне стране пре и после саобраћајног чворишта (S₉-S₁₀ и S₁₁-S₁₂) и са леве стране пре и после саобраћајног чворишта (S₁₃-S₁₄ и S₁₅-S₁₆). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 95. и Табели 96. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 97. Као и на претходном и на овом локалитету, земљиште је варијабилно у погледу гранулометријског састава, тако да земљишта узорка S₉ и S₁₂ припадају класи глиновитих иловача. Земљишта S₁₀ и S₁₆ су најтежег гранулометријског састава и припадају класи глинуша, док земљишта узорка S₁₁, S₁₃ и S₁₄ припадају песковитим иловачама. Земљиште узорка S₁₅ припада класи праховите иловаче.

Табела 95. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету 17 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Омладинских бригада

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Праш			Глина	
					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	< 0,002 mm	
17	S ₉	Десна страна пре чвора	0-10	3,14	4,30	21,80	13,40	17,30	9,00	34,20	глиновита иловача
	S ₁₀		10-40	3,58	2,50	15,00	9,10	18,20	11,30	43,90	глинуша
	S ₁₁	Десна страна после чвора	0-10	1,73	18,30	37,80	8,50	9,80	6,60	19,00	песковита иловача
	S ₁₂		10-40	3,16	6,10	20,40	6,60	16,40	10,90	39,60	глиновита иловача
	S ₁₃	Лева страна пре чвора	0-10	0,93	28,70	44,90	6,10	8,50	4,20	7,60	песковита иловача
	S ₁₄		10-40	1,67	13,20	42,30	5,40	11,50	8,00	19,60	песковита иловача
	S ₁₅	Лева страна после чвора	0-10	5,10	1,80	11,20	10,00	19,70	12,20	45,10	праховита иловача
	S ₁₆		10-40	5,52	0,80	8,00	8,40	18,00	11,80	53,00	глинуша

Реакција земљишта овог локалитета у воденом раствору је умерено до јако алкална. У свим узорцима изузев узорка S₁₁ и S₁₂, реакција земљишта је умерено алкална са рН вредношћу 8,26-8,48. Земљиште узорка S₁₁ и S₁₂ са рН вредности 8,63, односно 8,95 јединица припада класи јако алкалних земљишта. рН вредност земљишта овог локалитета у СаСl₂ креће се у распону од 7,01-7,47. Као и на претходном локалитету садржај СаСО₃ и овде је низак и

креће се у распону од 1,71-6,58 %. Утврђен је и висок садржај хумуса, посебно у узорцима земљишта S₉, S₁₁ и S₁₃ (површинским слојевима) који се класификују као јако хумусна земљишта (5,80-8,35 %), док земљишта узорка S₁₀, S₁₂, S₁₄, S₁₅ и S₁₆ припадају класи средње хумусних земљишта (3,20-4,59 %). Садржај ТС прати садржај хумуса, тако да је највише измерен у земљишту узорка S₁₃ (4,84 %), а најниже у узорку S₁₆ (1,86 %). Садржај TN у узорцима овог локалитета нижи је од очекиваног, без обзира што у површинским слојевима земљишта припада класи богатих N. Његова вредност је углавном на доњој граници ове класе и креће се у распону од 0,22-0,25 %. Изузетак је површински слој земљишта узорка S₁₁ где је процентуално учешће TN 0,19 %, тако да оно припада класи добро обезбеђених овим елементом. Однос C/N у свим узорцима земљишта овог локалитета креће се у уском односу 9,28-14,94, што указује да се у њима одвија повољна минерализација и хумификација органске материје. Изузетак је површински слој земљишта узорка S₁₁ где је овај однос 19,88, што је близу горње границе при којој је успорена минерализација и хумификација органске материје. Такође, изузетак су површински (S₁₃) и доњи слој земљишта (S₁₄), код којих овај однос има вредности 22,02, односно 22,71 тако да су овде минерализација и хумификација успорене. Садржај лако приступачног облика P је и на овом локалитету врло низак и то у свим истраживаним узорцима. Његове вредности овде опадају са дужином (2,50-8,25 mg/100g). Изузетак је површински слој земљишта узорка S₁₃ где је садржај P низак са присуством од 12,01 mg/kg. Обезбеђеност K је овде такође ниска до средње-максимална и опада са дужином земљишта (9,30-18,05 mg/100g), изузев на месту узроковања десна страна после саобраћајног чворишта (S₁₁ и S₁₂) где са дужином земљишта расте за 2,32 mg/100g.

Табела 96. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету 17 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Омладинских бригада

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Yl mL 0,1M NaOH/50g	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂								P	K
17	S ₉	Десна страна пре чвора	0-10	8,33	7,38	0,00	2,73	5,80	3,36	3,03	0,24	14,01	4,13	18,10
			10-40	8,48	7,47	0,00	2,35	3,86	2,24	1,96	0,15	14,94	3,20	13,01
	S ₁₁	Десна страна после чвора	0-10	8,63	7,26	0,00	5,46	6,51	3,78	3,12	0,19	19,88	7,64	12,54
			10-40	8,95	7,45	0,00	3,96	3,51	2,03	1,56	0,14	14,53	3,08	14,86
	S ₁₃	Лева страна пре чвора	0-10	8,47	7,01	0,00	5,38	8,35	4,84	4,20	0,22	22,02	12,01	12,54
			10-40	8,43	7,10	0,00	6,58	4,31	2,50	1,71	0,11	22,71	7,98	9,30
	S ₁₅	Лева страна после чвора	0-10	8,38	7,03	0,00	1,98	4,59	2,66	2,42	0,25	10,65	8,25	18,05
			10-40	8,26	7,04	0,00	1,71	3,20	1,86	1,65	0,20	9,28	2,50	16,07

На овом локалитету измерене су више концентрације истражених тешких метала у више узорка земљишта него на претходном локалитету. Концентрације Zn у свим површинским слојевима земљишта овог локалитета измерене су у вишим концентрацијама од ГМВ и то у распону од 202,41-227,92 mg/kg. У доњим слојевима земљишта измерене су концентрације од 113,93-133,64 mg/kg и оне су знатно више од референтне вредности. Концентрације Cu у свим узорцима овог локалитета више су од ГМВ и крећу се у распону од 52,39-75,90 mg/kg. Површински слој земљишта узорка S₁₅ истиче се са концентрацијом Cu од 422,42 mg/kg која превазилази и ремедијациону вредност (190 mg/kg). Високе концентрације Cd измерене су у свим површинским и доњим слојевима земљишта у распону од 1,08-2,24 mg/kg изузев у узорцима земљишта (доњи слојеви) S₁₀ и S₁₆ где су вредности биле испод ГМВ. Такође, високе концентрације Pb измерене су у свим узорцима земљишта изузев у узорку S₁₆ где је вредност од 56,82 mg/kg нижа од ГМВ, а виша од референтне. У површинским слојевима земљишта на овом локалитету концентрације Pb кретале су се у распону од 134,37-388,68 mg/kg, а у доњим слојевима 98,72-156,29 mg/kg. Висока концентрације Cr од 121,58 mg/kg је једина која је изнад ГМВ на овом локалитету и измерена је у узорку S₉, док су сви остали узорци имали вишу концентрацију овог елемента од референтне вредности. Као и на претходном локалитету

присуство Ni у концентрацијама вишим од ГМВ и референтне вредности измерено је у свим узорцима. Изузетак је само његова концентрација у земљишту узорака S₁₃. Вредности овог елемента су веома варијабилне тако да се овде крећу у широком распону од 42,27-108,88 mg/kg.

Табела 97 Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету 17 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Омладинских бригада

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
17	S ₉	Десна страна пре чвора	0-10	209,4108	67,6886	1,3596	195,8378	121,5842	85,5439
	S ₁₀		10-40	119,4413	52,3902	0,7100	98,7199	86,0524	91,5494
	S ₁₁	Десна страна после чвора	0-10	227,9169	75,9045	2,2308	388,6758	91,6503	76,4480
	S ₁₂		10-40	129,4803	66,3291	1,0926	156,2858	98,9973	92,8181
	S ₁₃	Лева страна пре чвора	0-10	202,3976	67,9121	2,2111	231,0356	49,9767	42,2711
	S ₁₄		10-40	133,6444	56,2640	1,2531	127,4688	76,6439	65,7990
	S ₁₅	Лева страна после чвора	0-10	224,4068	422,4207	1,0764	134,3742	96,5243	96,7475
	S ₁₆		10-40	113,9283	55,7264	0,6322	56,8177	91,1293	108,8807
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

18 Локалитет – Саобраћајно чворишта: Аутопут Е75 и Милентија Поповића

Као и претходни локалитети и овај се налази у централној урбанистичкој зони града. Такође, и на овом локалитету земљиште је узорковано на 4 места, са десне стране пре и после саобраћајног чворишта (S₁₇-S₁₈ и S₁₉-S₂₀) и са леве стране пре и после саобраћајног чворишта (S₂₁-S₂₂ и S₂₃-S₂₄). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 98. и Табели 99. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 100.

Земљиште овог локалитета за разлику од претходних има нешто уједначенији гранулометријски састав. Земљишта узорака S₁₇, S₂₁ и S₂₂ припадају класи иловача са процентуалним учешћем фракције глина која се креће у уском распону од 20,60-22,70 %. Нешто тежег гранулометријског састава су земљишта узорака S₁₈, S₁₉, S₂₀ и S₂₃. Она припадају класи глиновитих иловача, са присуством фракције глине у распону од 29,50-38,60 %. Најтежег гранулометријског састава су земљишта узорка S₂₄ са процентуалним учешћем фракције глине од 44,50 %, па стога припадају класи глина.

Табела 98. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету 18 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Милентија Поповића

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
18	S ₁₇	Десна страна пре чвора	0-10	2,14	7,80	37,90	11,50	14,40	7,80	20,60	иловача
	S ₁₈		10-40	2,30	4,20	23,60	9,30	14,30	10,10	38,50	глиновита иловача
	S ₁₉	Десна страна после чвора	0-10	2,51	10,90	22,90	7,90	19,20	11,50	27,60	глиновита иловача
	S ₂₀		10-40	2,44	6,40	33,10	8,30	12,90	8,30	31,00	глиновита иловача
	S ₂₁	Лева страна пре чвора	0-10	1,79	6,60	39,10	8,70	15,90	7,00	22,70	иловача
	S ₂₂		10-40	1,45	12,70	36,40	10,80	12,60	5,10	22,40	иловача
	S ₂₃	Лева страна после чвора	0-10	2,36	6,70	32,90	8,60	12,00	8,70	31,10	глиновита иловача
	S ₂₄		10-40	3,16	3,60	21,20	5,90	14,10	10,70	44,50	глинуша

Активна киселост ових узорака је умерено, јако до врло јако алкална, с обзиром да се рН вредност истраживаних узорака земљишта кретала у распону од 8,22-9,14. Супституциона киселост показује да се рН вредност креће у распону од 7,03-7,63. Присуство CaCO_3 и у земљишту овог локалитета је ниско и креће се у распону од 1,31-5,18 %, што указује да се ради о слабо карбонатним земљиштима. Садржај хумуса у свим узорцима земљишта опада са дубином, а сви површински (узорци S_{17} , S_{19} , S_{21} и S_{23}), као и доњи слојеви (узорци S_{18} и S_{20}) припадају средње хумусној класи земљишта, с обзиром да се вредност хумуса овде креће у распону од 3,22-6,76 %. Утврђено је да се присуство ТС креће у распону од 1,29-3,92 %, а ОС од 0,99-3,30 %. Садржај ТН највиши је у узорцима земљишта S_{17} и S_{19} , где је и највиши садржај хумуса (6,67 и 5,63 %) и ТС (3,92 и 3,27 %), и износи 0,22, односно 0,21 %, док земљишта осталих узорака овог локалитета припадају класи добро обезбеђених N (0,10-0,15 %). Садржај лако приступачног облика P је веома низак (1,97-9,03 mg/100g) до низак (13,87 mg/100g), изузев у узорку земљишта S_{23} (површинском слоју) где је средње-максимална обезбеђеност (21,62 mg/100g). У истраживаним узорцима земљишта садржај лако приступачног K опада са дубином и варијабилан је. Тако, земљишта узорака S_{19} и S_{36} су високо снабдевени K (28,92 и 36,71 mg/100g). Средње-максимално овим елементом снабдевано је земљиште узорка S_{20} (18,10 mg/100g), а остали узорци на овом локалитету су ниско снабдевени с обзиром да се његов садржај овде креће у распону од 10,23-14,64 mg/100g.

Табела 99. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету 18 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Милентија Поповића

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y mL 0,1M NaOH/50g	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	ТН (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂								P	K
				mg/100g										
18	S_{17}	Десна страна пре чвора	0-10	8,71	7,63	0,00	5,17	6,76	3,92	3,30	0,22	17,82	7,77	11,62
	S_{18}		10-40	8,61	7,21	0,00	5,18	3,47	2,01	1,39	0,12	16,76	2,18	10,23
	S_{19}	Десна страна после чвора	0-10	8,53	7,53	0,00	3,55	5,63	3,27	2,84	0,21	15,56	13,87	28,92
	S_{20}		10-40	8,22	7,45	0,00	2,56	3,41	1,98	1,67	0,13	15,24	4,62	18,10
	S_{21}	Лева страна пре чвора	0-10	8,39	7,03	0,00	1,31	3,75	2,17	2,02	0,15	14,49	9,03	36,71
	S_{22}		10-40	8,52	7,47	0,00	2,53	2,22	1,29	0,99	0,10	12,89	4,47	12,91
	S_{23}	Лева страна после чвора	0-10	9,12	7,58	0,00	3,04	3,22	1,87	1,50	0,12	15,55	21,62	14,64
	S_{24}		10-40	9,14	7,63	0,00	2,94	2,70	1,56	1,21	0,10	15,64	1,97	13,77

Концентрација Zn на овом локалитету виша је од ГМВ на месту узорковања са десне стране пре саобраћајног чворишта у оба слоја земљишта (S_{17} -339,86 и S_{18} -176,06 mg/kg), као и концентрација Zn у површинском слоју на месту узорковања лева страна пре саобраћајног чворишта (узорак S_{23}) са вредношћу од 147,47 mg/kg. Нижа концентрација овог елемента од референтне вредности забележена је само у доњем слоју S_{22} на месту узорковања са леве стране пре саобраћајног чворишта. Више концентрације Cu од ГМВ измерене су на месту узорковања десна страна пре саобраћајног чворишта (S_{17} и S_{18}) у оба слоја земљишта (104,81 и 55,57 mg/kg), затим у површинском слоју места узорковања десна страна после саобраћајног чворишта (S_{18} 52,76 mg/kg) и на месту узорковања лева страна после саобраћајног чворишта S_{23} (51,57 mg/kg) и S_{24} (50,49 mg/kg) у оба слоја земљишта. Концентрације Cd више од ГМВ, измерене су у земљишту на месту узорковања S_{17} (2,77 mg/kg) и S_{18} (1,01 mg/kg), десна страна пре саобраћајног чворишта у оба слоја земљишта и на месту узорковања S_{23} (1,55 mg/kg) и S_{24} (1,21 mg/kg) лева страна после саобраћајног чворишта у оба слоја земљишта. На месту узорковања десна страна после саобраћајног чворишта S_{19} и S_{20} концентрација Cd расте са дубином земљишта, тако да је у површинском слоју (S_{19}) измерена концентрација од 0,70 mg/kg, а у доњем слоју (S_{20}) од 0,81 mg/kg што је изнад ГМВ. Такође, на месту узорковања лева страна пре саобраћајног чворишта S_{21} (0,71 mg/kg) и S_{22} (0,74 mg/kg). концентрација Cd расте са дубином земљишта и обе вредности се налазе на горњој граници ГМВ. Високе концентрације Pb измерене су на 2 места узорковања

и на оба места опадају са дужином земљишта. На месту узроковања десна страна пре саобраћајног чворишта (S₁₇ и S₁₈) концентрација Pb у површинском слоју износи 356,66 mg/kg, а у доњем слоју 121,15 mg/kg. На месту узорковања лева страна после саобраћајног чворишта (S₂₃ и S₁₇) концентрације Pb су ниже и износе 161,96 mg/kg у површинском слоју и 107,33 mg/kg у доњем слоју земљишта. Треба напоменути да на месту узорковања десна страна после саобраћајног чворишта (S₁₉ и S₂₀) концентрација Pb са дужином расте (S₁₉-56,04 mg/kg и S₂₀-59,54 mg/kg) и виша је од његове референтне вредности. Концентрација Cr изнад ГМВ није измерена на овом локалитету, али су све измерене концентрације овог елемента биле више од његове референтне вредности. Све измерене концентрације Ni овде су више од ГМВ и крећу се у распону од 40,87-89,22 mg/kg. Такође, треба истаћи да концентрација Ni на свим местима узорковања расте са дужином земљишта, изузев на месту узорковања десна страна после саобраћајног чворишта (S₁₉ и S₂₀).

Табела 100. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету 18 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Милентија Поповића

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
18	S ₁₇	Десна страна пре чвора	0-10	339,8566	104,8075	2,7738	356,6594	81,4002	66,3611
	S ₁₈		10-40	176,0648	55,5722	1,0098	121,1524	83,1900	84,7597
	S ₁₉	Десна страна после чвора	0-10	137,1288	52,7649	0,7033	56,0381	87,2571	67,6011
	S ₂₀		10-40	81,1667	31,8667	0,8067	59,5367	59,9300	57,5433
	S ₂₁	Лева страна пре чвора	0-10	81,8509	31,6493	0,7065	29,2298	54,3773	40,8738
	S ₂₂		10-40	55,1845	21,7078	0,7399	25,0542	62,8804	45,8887
	S ₂₃	Лева страна после чвора	0-10	147,4733	51,5740	1,5524	161,9574	73,6567	65,8650
	S ₂₄		10-40	112,8012	50,4926	1,2116	107,3259	84,8456	89,2191
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

19 Локалитет - Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења

Локалитет 19. припада централној урбанистичкој зони града. Као и на претходним локалитетима и овде је земљиште узорковано на 4 места, са десне стране пре и после саобраћајног чворишта (S₂₅-S₂₆ и S₂₇-S₂₈) и са леве стране пре и после саобраћајног чворишта (S₂₉-S₃₀ и S₃₁-S₃₂). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 101. и Табели 102. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 103.

Само земљишта узорка S₂₅, овог локалитета, припадају класи праховите иловаче, док земљишта узорака S₂₆ и S₂₉ припадају глиновитим иловачама, а узорака S₂₇, S₂₈, S₃₀, S₃₁ и S₃₂ класи иловача. Према гранулометријском саставу земљишта овог локалитета припадају класи праховитих иливача, глиновитим иловачама и иловачама, где се процентуално учешће фракције глине креће у распону од 16,80-31,60 %. Присуство фракције крупног песка се истиче са 19,60 % у површинском слоју (S₂₇) и 11,60 % у доњем слоју (S₂₈) земљишта. Такође, у овим узорцима у више је и присуство фракције ситног песка у површинском слоју (S₂₇-32,10 %).

Табела 101. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету 19 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскоп на вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстуерна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
19	S ₂₅	Десна страна пре чвора	0-10	2,07	4,70	22,00	21,20	21,40	8,40	22,30	праховита иловача
	S ₂₆		10-40	2,35	2,20	18,00	20,80	19,30	8,10	31,60	глиновита иловача
	S ₂₇	Десна страна после чвора	0-10	1,29	19,60	32,10	14,30	10,60	6,60	16,80	иловача
	S ₂₈		10-40	1,65	11,60	24,40	15,30	17,60	6,50	24,60	иловача
	S ₂₉	Лева страна пре чвора	0-10	2,74	0,80	21,40	14,20	23,70	9,60	30,30	глиновита иловача
	S ₃₀		10-40	2,37	7,20	24,90	13,10	18,30	10,50	26,00	иловача
	S ₃₁	Лева страна после чвора	0-10	2,21	5,50	27,00	16,00	19,80	8,50	23,20	иловача
	S ₃₂		10-40	2,06	8,80	23,10	17,50	18,90	7,80	23,90	иловача

Веома јако алкална реакција земљишта у воденој емулзији измерена је у узорку S₂₈ (9,25), затим јако алкална у узорцима S₂₅ (8,55), S₂₇ (8,77), док је у преосталим узорцима земљишта овог локалитета измерена умерено алкална реакција, где се рН вредност кретала у распону од 8,20-8,36 јединица. рН вредност земљишта у суспензији CaCl₂ креће се у распону од 7,35-7,77. Највиши садржај CaCO₃ утврђен је у узорцима земљишта S₂₇ (5,34 %), S₂₈ (8,66 %) и S₂₉ (5,92 %). Према садржају хумуса земљиште је овде слабо и средње обезбеђено (2,00-4,23 %). Само је у узорку земљишта S₂₅ измерено учешће хумуса од 5,64 %, тако да је земљиште овог узорка у класи јако хумусног. Присуство ТС креће се од 1,20-3,27 %, а ОС од 0,67-2,98 %. Садржај TN прати садржај хумуса тако да је највиши проценат N измерен у узорку земљишта S₂₅ (0,27 %). Присуство TN у површинским слојевима земљишта овог локалитета креће се у распону од 0,13-0,27 %, што ове слојеве чини добро обезбеђеним до богатим N. Изузетак је површински слој земљишта узорка S₂₇ који је средње обезбеђен N са његовим садржајем од 0,09 % TN. Доњи слојеви земљишта су сиромашни, средње и добро обезбеђени N, а његова вредност овде се креће у распону од 0,04-0,11 %. Однос C/N у узорцима земљишта S₂₇, S₂₈, и S₃₂ има вредности више од 20 што указује на успорену разградњу органске материје. Ужи однос C/N (12,11-16,83) утврђен је у узорцима земљишта S₂₅, S₂₆, S₂₉, S₃₀ и S₃₁. У површинским слојевима земљишта на овом локалитету измерено је више присуство лако приступачног облика P него на претходним локалитетима, тако да је земљиште површинских слојева овог локалитета средње-максимално обезбеђено (15,14-22,78 mg/100g) овим елементом. Доњи слојеви су врло ниско обезбеђени P, с обзиром да је измерена вредност мања од 10 mg/100g, изузев у узорку земљишта S₂₈ са концентрацијом P од 13,70 mg/100g. Присуство K такође је овде више него на претходним локалитетима.

Табела 102. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету 19 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	рН		Yl mL 0,1M NaOH/50g	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂								P	K
				mg/100g										
19	S ₂₅	Десна страна пре чвора	0-10	8,55	7,59	0,00	2,45	5,64	3,27	2,98	0,27	12,11	20,68	38,44
			10-40	8,36	7,54	0,00	1,69	2,82	1,64	1,43	0,10	16,37	8,08	19,83
	S ₂₇	Десна страна после чвора	0-10	8,77	7,53	0,00	5,34	3,88	2,25	1,61	0,09	25,00	22,78	31,08
			10-40	9,25	7,77	0,00	8,66	2,00	1,16	0,12	0,05	23,15	13,70	25,89
	S ₂₉	Лева страна пре чвора	0-10	8,20	7,35	0,00	1,31	4,23	2,45	2,29	0,18	13,62	15,14	51,56
			10-40	8,23	7,63	0,00	5,92	2,81	1,63	0,92	0,11	14,80	9,92	28,48
	S ₃₁	Лева страна после чвора	0-10	8,35	7,45	0,00	4,32	3,77	2,19	1,67	0,13	16,83	15,98	31,51
			10-40	8,29	7,53	0,00	4,40	2,06	1,20	0,67	0,04	29,93	7,91	19,83

Површински слојеви земљишта су високо снабдевени К са вредношћу која се креће у распону од 31,08-51,56 mg/100g, као и доњи слојеви земљишта узорак S₂₈ (25,89 mg/100g) и S₃₀ (28,48 mg/100g). Доњи слојеви земљишта (узорци S₂₆ и S₃₂) са садржајем лако приступачног облика К од 19,83 mg/100g припадају класи средње-максимално обезбеђених овим елементом.

Концентрације Zn које су више од ГМВ измерене су само у површинским слојевима земљишта и то у узорцима S₂₅ (160,93 mg/kg), S₂₇ (228,95 mg/kg) и S₃₁ (171,24 mg/kg). Сви узорци земљишта на овом локалитету имали су више концентрације Zn од референтне вредности. Више концентрације Cu измерене су у свим површинским слојевима земљишта и то у распону од 39,30-60,84 mg/kg. У доњим слојевима више концентрације измерене су у узорцима S₂₈ (55,83 mg/kg) и S₃₂ (36,80 mg/kg), а све утврђене вредности су биле више од његових референтних. Више концентрације Cd измерене су у свим узорцима земљишта овог локалитета осим у узорку S₃₀ где је измерена концентрација од 0,76 mg/kg, која се налази на горњој граници ГМВ и референтне вредности. Концентрација Cd креће се у распону од 0,82-1,24 mg/kg. Повишена концентрација Pb измерена је у површинским слојевима узорак S₂₅ (154,37 mg/kg), S₂₇ (232,08 mg/kg) и S₃₁ (93,44 mg/kg), као и доњем слоју земљишта узорка S₂₈ (135,14 mg/kg). Концентрације Cr изнад ГМВ нису измерене на овом локалитету, али су све биле више од његове референтне вредности. Као и на претходним локалитетима измерене су више концентрације Ni од ГМВ, а оне су се кретале у распону од 44,02-52,59 mg/kg.

Табела 103. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету 19 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
19	S ₂₅	Десна страна пре чвора	0-10	160,9268	56,6561	1,0902	154,3691	98,0363	51,0918
	S ₂₆		10-40	124,1421	37,6524	0,8163	63,0906	52,5155	48,5540
	S ₂₇	Десна страна после чвора	0-10	228,9530	60,8366	1,4653	232,0834	98,1218	47,8986
	S ₂₈		10-40	95,0380	55,8257	0,9070	135,1407	60,0340	50,3668
	S ₂₉	Лева страна пре чвора	0-10	116,8628	39,2987	1,0300	32,3556	54,1649	44,1452
	S ₃₀		10-40	73,3558	30,6957	0,7630	29,4196	75,4548	44,0228
	S ₃₁	Лева страна после чвора	0-10	171,2390	50,2483	1,2367	93,4398	68,1489	52,5918
	S ₃₂		10-40	110,0043	36,7958	1,1927	50,1449	75,0575	52,2137
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

20 Локалитет - Саобраћајно чвориште: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића

Локалитет 20. припада средњој урбанистичкој зони. И овде земљиште је узорковано на 4 места, са десне стране пре и после саобраћајног чворишта (S₃₃-S₃₄ и S₃₅-S₃₆) и са леве стране пре и после саобраћајног чворишта (S₃₇-S₃₈ и S₃₉-S₄₀). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 104. и Табели 105. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 106. Земљиште овог локалитета је варијабилно према гранулометријском саставу. Земљишта узорак S₃₃, S₃₄ и S₄₀ припадају класи глиновитих иловача, а узорак S₃₅ песковито глиновитој иловачи. Класи иловаче припадају земљишта узорак S₃₆ и S₃₇, а узорак S₃₈ и S₃₉ класи песковитих иловача.

Табела 104. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету 20 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурирна класа
					Песак		Праш			Глина	
					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	< 0,002 mm	
20	S ₃₃	Десна страна пре чвора	0-10	2,68	4,20	20,10	19,2	21,3	7,30	27,90	глиновита иловача
	S ₃₄		10-40	2,72	4,10	23,10	15,7	20,4	8,80	27,90	глиновита иловача
	S ₃₅	Десна страна после чвора	0-10	1,92	14,9	36,40	10,6	13,2	3,80	21,10	песковито глиновита иловача
	S ₃₆		10-40	1,95	16,6	29,20	11,9	13,8	7,80	20,70	иловача
	S ₃₇	Лева страна пре чвора	0-10	2,12	14,4	33,20	9,50	14,7	6,90	21,30	иловача
	S ₃₈		10-40	1,65	12,7	40,50	9,90	13,2	7,30	16,40	песковита иловача
	S ₃₉	Лева страна после чвора	0-10	1,40	14,2	49,20	8,10	10,2	4,70	13,60	песковита иловача
	S ₄₀		10-40	2,34	5,70	22,90	15,2	19,0	9,80	27,40	глиновита иловача

Хемијска реакција земљишта у воденој суспензији је јако алкална у свим узорцима, изузев у површинском слоју земљишта узорка S₃₉ где га рН вредност од 9,14 сврстава у класу врло јако алкалних земљишта. Такође, изузетак је површински слој земљишта узорка S₃₇ са рН вредношћу од 8,48, према којој ово земљиште припада класи умерено алкалних земљишта, мада се налази на горњој граници ове класе. рН_{Ca} вредност у земљиштима овог локалитета креће се у распону од 7,35-7,63 јединице. Садржај СаСО₃ са дубином земљишта расте на свим местима узорковања. Највиша концентрација СаСО₃ измерена је у доњим слојевима земљишта (S₃₈ и S₄₀) од 16,77 % и 14,23 % што ова два слоја сврстава у јако карбонатна земљишта, док су сви остали узорци овог локалитета слабо карбонатни до карбонатни (3,20-10,63 %). Хумус са дубином земљишта очекивано опада и сви површински слојеви (S₃₃, S₃₅, S₃₇ и S₃₉), као и доњи слој узорка S₃₄ су средње обезбеђени хумусом (3,07-4,51 %), док су доњи слојеви (S₃₄, S₃₆, S₃₈ и S₄₀) слабо хумусни (1,54-2,34 %). Присуство ТС креће се у распону од 2,28-2,62 %, а у узорку S₄₀ свега 0,89 %, а ОС се кретао у распону од 0,0-2,06 %. Обезбеђеност земљишта TN је у свим узорцима добра (0,1-0,2 %), изузев у узорку S₄₀ где изостаје. За разлику од претходних локалитета, овде је утврђена изузетно висока обезбеђеност лако приступачних облика P (40,75-245,72 mg/100g) и K (32,21-68,43 mg/100g), каква је на пример измерена у земљиштима паркова. Најниже вредности K измењене су у земљишту узоркованог са леве стране после саобраћајног чворишта S₃₉ (28,71 mg/100g) и S₄₀ (13,95 mg/100g).

Табела 105. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету 20 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	рН		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	СаСО ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂								P	K
				mg/100g										
20	S ₃₃	Десна страна пре чвора	0-10	8,52	7,50	0,00	3,20	4,11	2,39	2,00	0,17	14,03	224,95	68,44
	S ₃₄		10-40	8,58	7,53	0,00	3,23	3,07	1,78	1,39	0,11	16,18	245,72	38,41
	S ₃₅	Десна страна после чвора	0-10	8,75	7,50	0,00	4,65	4,51	2,62	2,06	0,18	14,54	99,15	53,98
	S ₃₆		10-40	8,86	7,55	0,00	4,75	2,20	1,28	0,71	0,12	10,65	123,75	32,21
	S ₃₇	Лева страна пре чвора	0-10	8,48	7,59	0,00	10,63	4,27	2,48	1,20	0,19	13,04	69,40	57,87
	S ₃₈		10-40	8,60	7,70	0,00	16,77	2,34	1,36	0,00	0,10	13,57	54,16	46,21
	S ₃₉	Лева страна после чвора	0-10	9,14	7,55	0,00	8,91	3,16	1,83	0,76	0,13	14,10	40,75	28,71
	S ₄₀		10-40	8,53	7,01	0,00	14,23	1,54	0,89	0,00	0,00	0,00	68,37	13,95

Од истраживаних тешких метала на овом локалитету измерене су више концентрације од ГМВ за Zn, Cu, Cd и Ni. Високе концентрације Zn измерене су у површинским слојевима узорка S₃₃ и S₃₉ са концентрацијама од 140,71 mg/kg и 175,86 mg/kg. Значајно високе

концентрације Zn измерене су и у узорцима S₃₅ (површински слој) и S₃₆ (доњи слој) где концентрација овог елемента расте са дубином (S₃₅-404,39 mg/kg, S₃₆-434,56 mg/kg). Више концентрације Cu измерене су у свим површинским слојевима земљишта овог локалитета и крећу се у распону од 37,15-45,47 mg/kg и у доњим слојевима земљишта десне стране пре саобраћајног чворишта (S₃₄ 40,22 mg/kg) и после саобраћајног чворишта (S₃₆ 37,45 mg/kg). На овом локалитету Cd је у повишеним концентрацијама измерен у свим узорцима земљишта у распону од 0,92-2,59 mg/kg. Изузетак је доњи слој земљишта (S₄₀) леве стране после саобраћајног чворишта где је вредност овог елемента била испод прага детекције инструмента. Треба истаћи да на месту узорковања десна страна после саобраћајног чворишта (S₃₅ и S₃₆), као и код Zn, концентрација Cd расте са дубином. Концентрације Ni које су изнад ГМВ измерене су у свим узорцима земљишта овог локалитета, а крећу се у распону од 50,26-73,30 mg/kg. Концентрација Ni, као и Zn и Cd, расте са дубином земљишта на месту узорковања десна страна после саобраћајног чворишта (S₃₅ и S₃₆). Све утврђене концентрације ових елементата биле су више од њихових референтних вредности.

Табела 106. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету 20 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
20	S ₃₃	Десна страна пре чвора	0-10	140,7084	45,4709	1,2507	53,7053	72,4853	62,8202
	S ₃₄		10-40	111,9622	40,2225	0,9191	38,8038	66,4447	65,5322
	S ₃₅	Десна страна после чвора	0-10	404,3929	40,2193	2,4331	43,7623	86,7247	56,9310
	S ₃₆		10-40	434,8594	37,4537	2,5876	35,9398	87,1686	73,3035
	S ₃₇	Лева страна пре чвора	0-10	106,0702	47,4616	1,0867	49,6417	84,3295	68,9790
	S ₃₈		10-40	79,1109	27,8122	1,1522	48,6014	60,9724	61,5851
	S ₃₉	Лева страна после чвора	0-10	175,5229	37,1527	1,2542	41,3389	56,9265	52,4134
	S ₄₀		10-40	60,6879	19,8727	<blank	15,8568	38,4223	50,2599
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

21 Локалитет - Саобраћајно чвориште: Аутопут Е70 и Војислава Илића

Локалитет 21. налази се у приградској урбанистичкој зони. И на овом локалитету земљиште је узорковано на 4 места, са десне стране пре и после саобраћајног чворишта (S₄₁-S₄₂ и S₄₃-S₄₄) и са леве стране пре и после саобраћајног чворишта (S₄₅-S₄₆ и S₄₇-S₄₈). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 107. и Табели 108. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 109.

Табела 107. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету 21 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Војислава Илића

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
21	S ₄₁	Десна страна пре чвора	0-10	1,89	11,10	27,70	16,3	16,30	8,40	20,20	иловача
	S ₄₂		10-40	2,04	10,70	28,70	9,80	18,10	7,40	25,30	иловача
	S ₄₃	Десна страна после чвора	0-10	2,31	4,70	23,10	11,7	21,50	11,20	27,80	глиновита иловача
	S ₄₄		10-40	2,05	4,60	23,40	14,3	22,00	8,40	27,30	глиновита иловача
	S ₄₅	Лева страна пре чвора	0-10	1,57	12,90	29,90	12,3	13,60	10,70	20,60	иловача
	S ₄₆		10-40	1,77	8,40	19,40	12,7	14,20	13,80	31,50	глиновита иловача
	S ₄₇	Лева страна после чвора	0-10	2,19	7,90	23,00	15,5	19,40	10,00	24,20	иловача
	S ₄₈		10-40	1,28	12,30	45,30	7,10	12,80	7,60	14,90	песковита иловача

Према гранулометријском саставу земљишта узорка S₄₁, S₄₂, S₄₅ и S₄₇ припадају класи иловача, док земљишта узорка S₄₃, S₄₄ и S₄₆ припадају класи глиновитих иловача, а земљиште узорка S₄₈ песковитој иловачи.

Активна киселост земљишта са десне стране саобраћајног чворишта (у узорцима S₄₁-S₄₂ и S₄₃-S₄₄) је јако алкална са рН вредношћу која се креће у распону од 8,54-8,80 јединица, док је у узорцима (S₄₅, S₄₆ и S₄₈) леве стране саобраћајног чворишта врло јако алкалне реакције са рН вредношћу, која се креће у распону од 9,04-9,38. Само је земљиште узорка S₄₇ умерено алкалне реакције (8,48). рН_{Ca} вредност креће се у распону од 7,08-7,79 јединица. Садржај СаСО₃ на свим испитиваним местима узорковања овог локалитета опада са дужином земљишта, изузев са леве стране пре саобраћајног чворишта где расте и где је уједно измерено његово највише присуство. У узорку S₄₅ (површински слој) земљишта измерена је концентрација од 16,03 %, а у S₄₆ (доњи слој) 22,78 %, што је очекивано с обзиром да је и рН вредност на овом локалитету највиша. Према садржају хумуса ова земљишта су слабо хумусна (2,10-2,82 %), осим површинског слоја (S₄₁) који је средње хумусни (4,40 %). ТС на овом локалитету креће се у распону од 0,74-2,55%, а ОС од 0,00-1,20 %. Обезбеђеност TN је добра и креће се у распону од 0,10-0,19 %, осим у доњим слојевима, у узорку земљишта S₄₇ где је констатовано присуство TN од 0,09 % (средња обезбеђеност), а у узорку S₄₉ она изостаје. Узак однос C/N од 10,21-15,68 указује да се овде одвија повољна минерализација и хумификација органске материје. Присуство лако приступачног облика P је варијабилно и креће се у класама ниске, средње и високе обезбеђености и по правилу опада са дужином земљишта. У површинским слојевима узорка S₄₁, S₄₅ и S₄₇ и доњем слоју узорка S₄₈ присуство P је високо и креће се у распону од 35,24-124,52 mg/100g, док је у доњим слојевима земљишта узорка S₄₂, S₄₄ и S₄₆, као и у површинском узорку S₄₃ ниско и средње-максимално обезбеђено (13,28-17,02 mg/100g). У земљишту овог локалитета констатована је средња-максимална обезбеђеност лако приступачног облика K (15,11-23,66 mg/100g). Изузетак је земљиште узорка S₄₁ које је са концентрацијом од 32,21 mg/100g високо обезбеђено и земљиште узорка S₄₆ са концентрацијом од 13,95 mg/100g, које је ниско обезбеђено овим елементом.

Табела 108. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету 21 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Војислава Илића

Број локалитет	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	рН		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	СаСО ₃ (%)	Хумус (%)	ТС (%)	ОС (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂								P	K
21	S ₄₁	Десна страна пре чвора	0-10	8,54	7,08	0,00	11,30	4,40	2,55	1,20	0,19	13,44	54,90	32,21
	S ₄₂	Десна страна пре чвора	10-40	8,72	7,35	0,00	10,09	2,10	1,22	0,01	0,10	12,17	16,88	15,89
	S ₄₃	Десна страна после чвора	0-10	8,71	7,33	0,00	7,43	2,65	1,54	0,65	0,15	10,26	17,02	23,66
	S ₄₄	Десна страна после чвора	10-40	8,80	7,25	0,00	7,17	2,34	1,36	0,50	0,11	12,36	13,82	17,05
	S ₄₅	Лева страна пре чвора	0-10	9,21	7,69	0,00	16,03	2,22	1,29	0,00	0,11	11,71	35,24	15,11
	S ₄₆	Лева страна пре чвора	10-40	9,38	7,79	0,00	22,78	1,28	0,74	0,00	0,00	0,00	15,72	13,95
	S ₄₇	Лева страна после чвора	0-10	8,48	7,31	0,00	10,21	2,82	1,63	0,41	0,16	10,21	124,52	21,72
	S ₄₈	Лева страна после чвора	10-40	9,04	7,74	0,00	6,55	2,43	1,41	0,63	0,09	15,68	54,59	15,89

За разлику од претходних локалитета овде нису измерене више концентрације истраживаних тешких метала од ГМВ осим Ni. Концентрација Ni овде се креће у распону од 49,64-70,03 mg/kg. Треба истаћи да на свим местима узорковања концентрација Ni расте са дужином земљишта. Такође, измерене концентрације Ni биле су више од његових референтних вредности. Више вредности од референтних измерене су у свим узорцима земљишта и код Zn и Cr.

Табела 109. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету 21 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Војислава Илића

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
21	S ₄₁	Десна страна пре чвора	0-10	94,7412	26,8034	0,1732	36,8181	76,3472	49,9134
	S ₄₂		10-40	81,5704	21,5923	0,0233	27,1079	52,4862	52,5295
	S ₄₃	Десна страна после чвора	0-10	107,4536	25,5075	0,1233	27,0642	44,4281	49,6383
	S ₄₄		10-40	110,0967	34,7849	0,1167	34,6882	52,1007	54,1981
	S ₄₅	Лева страна пре чвора	0-10	96,8103	26,1137	0,2497	44,0767	70,2271	62,7589
	S ₄₆		10-40	67,4057	23,2388	0,0800	23,3288	49,8116	70,0330
	S ₄₇	Лева страна после чвора	0-10	75,1216	22,7455	0,1833	29,2975	66,8800	50,5266
	S ₄₈		10-40	114,0008	25,2868	0,3769	31,5068	63,6173	52,8649
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

22 Локалитет – Саобраћајно чвориште: Е70 и Булевара Деспота Стефана

Локалитет 22. припада централној урбанистичкој зони, а земљиште је узорковано на 4 места, са десне стране пре и после саобраћајног чворишта (S₄₉-S₅₀, и S₅₁-S₅₂) и са леве стране пре и после саобраћајног чворишта (S₅₃-S₅₄, и S₅₅-S₅₆). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 110. и Табели 111. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 112.

Гранулометријски састав земљишта на овом локалитету показује да земљишта узорка S₄₉ и S₅₀ припадају класи глиновитих иловача, земљишта узорка S₅₂, S₅₁, S₅₄, S₅₅ и S₅₆ класи иловачама, а само земљишта узорка S₅₃ припадају класи песковитих иловача.

Табела 110. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету 22 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Булевара Деспота Стефана

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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		
22	S ₄₉	Десна страна пре чвора	0-10	2,49	1,90	23,30	17,10	20,00	10,20	27,50	Глиновита иловача
	S ₅₀		10-40	2,44	3,90	21,00	19,80	19,70	8,30	27,30	Глиновита иловача
	S ₅₁	Десна страна после чвора	0-10	1,54	2,70	31,30	16,20	19,50	8,80	21,50	Иловача
	S ₅₂		10-40	1,28	5,90	40,90	14,10	13,80	7,10	18,20	Иловача
	S ₅₃	Лева страна пре чвора	0-10	1,62	11,5	48,00	8,00	12,80	7,20	12,50	Песковита иловача
	S ₅₄		10-40	1,84	9,60	35,40	12,44	14,76	8,80	19,00	Иловача
	S ₅₅	Лева страна после чвора	0-10	1,76	9,40	28,80	16,70	16,80	9,00	19,30	Иловача
	S ₅₆		10-40	1,72	10,9	29,30	15,30	16,90	8,20	19,40	Иловача

Хемијска реакција у воденој суспензији узорка S₄₉, S₅₀, S₅₁ и S₅₅ је умерено алкална са рН вредношћу од 8,29-8,40, а код узорка S₅₂, S₅₃, S₅₄ и S₅₆ јако алкална са рН вредношћу која се креће у распону од 8,51-8,98. У суспензији CaCl₂ рН вредност се креће у распону од 7,22-7,58. Присуство CaCO₃ је у земљишту овог локалитета варијабилно. Утврђено је да су узорци S₄₉ и S₅₀ слабо карбонатни (3,60-4,62 %), узорци S₅₃, S₅₄, S₅₅ и S₅₆ карбонатни (9,32-13,00 %), а земљиште узорка S₅₁ и S₅₂ је веома карбонатни с обзиром да садржај CaCO₃ овде износи 18,10 % у површинском и 13,21% у доњем слоју земљишта. Такође, и присуство хумуса је овде варијабилно. Земљиште узорка S₄₉, S₅₀, S₅₁ и S₅₂ је слабо хумусно (1,34-2,19 %), а земљиште узорка S₅₄, S₅₅ и S₅₆ средње хумусно (3,11-4,47 %), док је земљиште узорка S₄₉, S₅₃ јако хумусно (6,39 %). Вредности ТС крећу се у распону од 0,77-3,71 %, а ОС од 0,00-2,59 %. Присуство TN на свим местима узорковања овог локалитета по правилу опада да дубином

земљишта. Земљиште свих узорака је добро обезбеђено N са вредношћу од 0,11-0,20 %. Изузетак су узорци S₅₁ и S₅₂ где изостаје TN и земљиште узорка S₅₃ које је богато N са вредношћу од 0,27 %, што је на горњој граници ове класе. Снабдевеност земљишта лако приступачним обликом P је такође варијабилна. Она опада са дужином земљишта и креће се у распону од 29,58-108,88 mg/100g. Изузетак су земљишта узорака S₄₉, S₅₀ и S₅₂ где је средње-максимална обезбеђеност P са вредностима које се крећу у распону од 19,91-23,15 mg/100g. Садржај лако приступачног облика K у истраживаним земљиштима овог локалитета опада са дужином земљишта на свим местима узорковања. Сви узорци овог локалитета су високо снабдевени K (28,71-42,32 mg/100g) осим узорака S₅₀, S₅₁ и S₅₂ где је снабдевеност ниска до средње-максимална (21,33-42,32 mg/100g).

Табела 111. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету 22 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Булевар Деспота Стефана

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	TC (%)	OC (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂								P	K
				mg/100g										
22	S ₄₉	Десна страна пре чвора	0-10	8,29	7,28	0,00	3,60	2,19	1,27	0,84	0,12	10,58	19,91	28,71
	S ₅₀		10-40	8,36	7,33	0,00	4,62	1,86	1,08	0,53	0,11	9,82	21,72	21,33
	S ₅₁	Десна страна после чвора	0-10	8,40	7,22	0,00	18,10	1,34	0,77	0,00	0,00	0,00	46,33	12,00
	S ₅₂		10-40	8,54	7,37	0,00	13,21	1,42	0,82	0,00	0,00	0,00	23,15	10,06
	S ₅₃	Лева страна пре чвора	0-10	8,98	7,58	0,00	9,32	6,39	3,71	2,59	0,27	13,73	38,62	29,88
	S ₅₄		10-40	8,66	7,56	0,00	10,60	4,47	2,59	1,32	0,20	12,97	29,58	29,10
	S ₅₅	Лева страна после чвора	0-10	8,30	7,28	0,00	12,71	3,11	1,80	0,28	0,17	10,60	108,88	42,32
	S ₅₆		10-40	8,51	7,39	0,00	13,00	3,14	1,82	0,26	0,16	11,37	60,00	28,32

На овом локалитету у оба слоја земљишта на месту узорковања лева страна пре саобраћајног чворишта од ГМВ измерене су више концентрације Zn (192,70 и 151,04 mg/kg), Cu (49,61 и 44,02 mg/kg), Cd (1,58 и 1,31 mg/kg) Pb (348,09 и 191,73 mg/kg) и Cr (56,354 и 77,49 mg/kg). Такође, ови узорци имали су вишу концентрацију ових елемената и од њихових референтних вредности, као и узорци земљишта места узорковања лева страна после саобраћајног чворишта (S₅₅ и S₅₆) за Zn, Cu и Cr. Концентрација Pb у земљиштима леве стране после саобраћајног чворишта (S₅₅ и S₅₆) у површинском слоју измерена је у вредности од 1.308,38 mg/kg. Ова вредност виша је и од његове ремедијационе вредности (530 mg/kg), док се у доњем слоју она спушта на 52,31 mg/kg. Као и на претходном локалитету и овде је концентрација Ni виша од ГМВ и његове референтне вредности и расте са дужином земљишта. Измерене вредности Ni кретале су се у распону од 41,79-60,47 mg/kg.

Табела 112. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету 22 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Булевар Деспота Стефана

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
22	S ₄₉	Десна страна пре чвора	0-10	82,8201	24,1618	0,2733	19,7461	45,1143	52,7295
	S ₅₀		10-40	74,2142	26,8358	0,1333	21,5959	49,5983	52,0183
	S ₅₁	Десна страна после чвора	0-10	54,9468	19,3775	0,2166	14,0325	24,6559	41,7875
	S ₅₂		10-40	47,2563	16,3655	0,3567	15,9621	28,0604	32,5743
	S ₅₃	Лева страна пре чвора	0-10	192,6973	49,6137	1,5751	348,0852	56,3370	59,9134
	S ₅₄		10-40	151,0446	44,0205	1,3129	191,7297	77,4949	60,4712
	S ₅₅	Лева страна после чвора	0-10	102,7826	34,9307	0,3866	1.308,3844	55,7718	55,6818
	S ₅₆		10-40	105,8270	36,0995	0,4236	52,3098	66,6856	58,4470
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

23 Локалитет – Саобраћајно чвориште: Е70 и Панчевачког пута

Овај локалитет припада спољној урбанистичкој зони, а земљиште је узорковано на 4 места и то са десне стране пре и после саобраћајног чворишта (S₅₇-S₅₈, и S₅₉-S₆₀) и са леве стране пре и после саобраћајног чворишта (S₆₁-S₆₂, и S₆₃-S₆₄). Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 113. и Табели 114. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 115. Гранулометријски састав овог локалитета је варијабилан тако да земљиште узорка S₅₇ је најтеже и припада класи глиновитих иловача, а земљишта узорака S₅₈ и S₅₉ класи иловача. Песковитим иловачама припада земљиште узорака S₆₀, S₆₂ и S₆₃, иловастој пескуши земљиште узорка S₆₁, а пескуши земљиште узорка S₆₄.

Табела 113. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету 23 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Панчевачког пута

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопија а вода (%)	Гранулометријски састав (%)						Текстурна класа
					Песак		Прах			Глина	
					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	< 0,002 mm	
23	S ₅₇	Десна страна пре чвора	0-10	3,23	1,80	19,30	7,90	24,10	13,50	33,40	глиновита иловача
	S ₅₈		10-40	2,14	9,40	23,80	16,10	15,30	10,10	25,30	иловача
	S ₅₉	Десна страна после чвора	0-10	1,53	16,20	29,30	16,50	14,50	10,50	13,00	иловача
	S ₆₀		10-40	1,11	25,70	37,30	11,00	9,70	4,30	12,00	песковита иловача
	S ₆₁	Лева страна пре чвора	0-10	0,45	21,60	64,80	0,80	3,30	3,30	6,20	иловаста пескуша
	S ₆₂		10-40	0,95	6,50	63,90	7,40	7,90	4,80	9,50	песковита иловача
	S ₆₃	Лева страна после чвора	0-10	1,18	2,90	61,40	12,70	7,50	5,20	10,30	песковита иловача
	S ₆₄		10-40	0,40	5,00	83,40	3,20	3,40	1,30	3,70	песак

Хемијска реакција у води земљишта узорака S₅₇, S₅₈, S₅₉, S₆₀ и S₆₂ је умерено алкална са рН вредношћу која се креће у распону од 8,04-8,36, а узорака S₆₁, S₆₃ и S₆₄ је јако алкална са вредностима у распону од 8,51-8,80 јединица. Највише присуство СаСО₃ констатовано је у узорку S₆₀ са вредношћу од 19,81 % и припада класи веома карбонатних земљишта, док је најниже измерено у земљишту узорка S₅₇ од 4,15 %. Обезбеђеност хумусом земљишта узорка S₅₇ и S₅₈ са десне стране саобраћајног чворишта опада са дужином и пропада класи средње хумусних земљишта са вредношћу од 3,06-4,15 %. На левој страни пре саобраћајног чворишта садржај хумуса расте са дужином земљишта, тако да површински слој припада класи врло слабо хумусних земљишта (S₆₁-0,98 %), а доњи слој класи слабо хумусних земљишта (S₆₂-1,19 %). На месту узорковања лева страна после саобраћајног чворишта (узорак S₆₃ и S₆₄) садржај хумуса опада са дужином земљишта. Површински слој овде припада класи слабо хумусних (S₆₃-1,15 %), а доњи врло слабо хумусних земљишта (S₆₄-0,53 %). Садржај ТС прати садржај хумуса и креће се у распону од 0,31-2,41 %, а ОС у распону од 0,00-1,91 %. Садржај TN са десне стране узорковања опада са дужином земљишта и креће се у распону од 0,16-0,23 %, и припада класи средње и добро обезбеђених земљишта, док са леве стране изостаје. Лако приступачан облик Р у свим узорцима неочекивано расте са дужином земљишта и низак је, а креће се у распону од 3,89-12,07 mg/100g. Изузетак су земљишта узорака S₅₉ и S₆₀ где је обезбеђеност висока (54,72 и 57,07 mg/100g). Садржај лако приступачног облика К са десне стране узорковања, очекивано опада са дужином земљишта и креће се у распону од 12,00-24,05 mg/100g. Узорци леве стране узорковања К су обезбеђени ниско до средње-максимално (1,51-10,45 mg/100g), а његов садржај на месту узорковања пре саобраћајног чворишта расте са дужином земљишта, а после саобраћајног чворишта опада.

Табела 114. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету 23 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Панчевачког пута

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	CaCO ₃ (%)	Хумус (%)	TC (%)	OC (%)	TN (%)	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂								P	K
				mg/100g										
23	S ₅₇	Десна страна пре чвора	0-10	8,04	7,27	0,00	4,15	4,15	2,41	1,91	0,21	11,47	11,84	24,05
	S ₅₈		10-40	8,36	7,31	0,00	8,26	3,34	1,94	0,94	0,16	12,10	12,07	16,28
	S ₅₉	Десна страна после чвора	0-10	8,10	7,34	0,00	12,20	3,98	2,31	0,84	0,23	10,04	54,72	20,55
	S ₆₀		10-40	8,14	7,30	0,00	19,81	3,06	1,77	0,00	0,19	9,33	57,07	12,00
	S ₆₁	Лева страна пре чвора	0-10	8,59	7,28	0,00	5,50	0,98	0,57	0,00	0,00	0,00	6,11	4,62
	S ₆₂		10-40	8,34	7,43	0,00	6,08	1,19	0,69	0,00	0,00	0,00	8,53	10,45
	S ₆₃	Лева страна после чвора	0-10	8,80	7,17	0,00	4,62	1,15	0,67	0,11	0,00	0,00	3,89	6,18
	S ₆₄		10-40	8,51	7,30	0,00	5,03	0,53	0,31	0,00	0,00	0,00	4,67	1,51

Присуство виших концентрација тешких метала од ГМВ у земљиштима овог локалитета измерени су само на месту узорковања десне стране пре саобраћајног чворишта (S₅₇ и S₅₈). Присуство Zn у површинском слоју овог места узорковања (S₅₇ и S₅₈) измерено је у концентрацији од 141,23 и 138,69 mg/kg у доњем слоју земљишта. Такође, ове вредности су биле више и од његових референтних. И измерена концентрација Cu овде је била виша од ГМВ (39,33 и 38,39 mg/kg), као и измерена концентрација Pb у површинском слоју земљишта (S₅₇-124,38 mg/kg). Све измерене концентрације овде су биле више од његових референтних вредности. Такође, више концентрације Cr од референтних вредности измерене су у узорцима S₅₇, S₅₈ и S₅₉ и кретале су се у распону од 56,33-59,52 mg/kg. За разлику од претходних тешких метала на овом локалитету измерене су више концентрације Ni од ГМВ на само два места узорковања и то десне стране пре саобраћајног чворишта (S₅₇-50,79 и S₅₈-49,21 mg/kg) и десне стране после саобраћајног чворишта (S₅₉-42,32 и S₆₀-38,81 mg/kg).

Табела 115. Укупни садржај тешких метала земљишта на Локалитету 23 саобраћајног чворишта: Аутопут Е75 и Панчевачког пута

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
23	S ₅₇	Десна страна пре чвора	0-10	141,2282	39,3345	0,6335	124,3815	57,9149	50,7902
	S ₅₈		10-40	138,6861	38,3895	0,6999	50,4183	59,5174	49,2051
	S ₅₉	Десна страна после чвора	0-10	86,8364	20,3053	0,4432	23,2812	56,3302	42,3168
	S ₆₀		10-40	57,9907	15,1883	0,2033	17,2143	28,5671	38,8071
	S ₆₁	Лева страна пре чвора	0-10	35,2077	13,3649	<blank	12,9851	29,8478	30,3208
	S ₆₂		10-40	61,2016	21,6172	0,4996	14,7867	22,5963	28,1047
	S ₆₃	Лева страна после чвора	0-10	67,8867	15,2767	0,4333	15,9000	22,2933	22,6167
	S ₆₄		10-40	49,3066	6,9709	0,4067	10,1213	13,8819	15,7688
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

4.3.4. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима урбаних шума

Одређивање физичких и хемијских карактеристика и садржаја тешких метала у земљиштима урбаних шума извршено је лабораторијским испитивањем земљишта узрокованог на терену са 3 локалитета, где је земљиште узорковано са по 3 места. Узето је укупно 18 узорака. Спољној припада 1 локалитет, а 2 рубној урбанистичкој зони града.

24 Локалитет – Степин гај

Урбана шума Степин гај налази се у спољној урбанистичкој зони Београда, где је земљиште узорковано на 3 места са 2 дубине где су узети узорци из површинских (F₁, F₃ и F₅) и доњих (F₂, F₄ и F₆) слојева земљишта. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 116. и Табели 117. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 118. На локалитету Степин гај истражена земљишта припадају класи праховито глиновита иловача, изузев земљишта узорка F₂ које према гранулометријском саставу припада класи праховитих глина са процентуалним учешћем фракције глине од 40,30 %. У осталим узорцима земљишта проценат фракције глине се кретао у уском распону од 33,90-38,50 %.

Табела 116. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету Степин Гај

Број локалитета	Редни број узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријских састав земљишта (%)						Текстурна класа
					Песка		Праха			Глина	
					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	< 0,002 mm	
24	F ₁	Степин Гај 1	0-10	3,35	0,40	12,70	24,20	17,40	8,90	36,40	Праховито глиновита иловача
	F ₂		10-40	3,65	0,20	8,20	18,50	23,70	9,10	40,30	Праховита глинуша
	F ₃	Степин Гај 2	0-10	4,38	0,10	12,30	17,70	27,10	8,30	34,50	Праховито глиновита иловача
	F ₄		10-40	4,08	0,00	10,10	19,10	27,20	9,70	33,90	Праховито глиновита иловача
	F ₅	Степин Гај 3	0-10	4,62	0,10	5,60	25,10	23,90	9,60	35,70	Праховито глиновита иловача
	F ₆		10-40	4,65	0,00	6,60	25,40	20,70	8,80	38,50	Праховито глиновита иловача

Хемијска реакција земљишта у воденој суспензији расте са дужином земљишта у узорцима F₁, F₂, F₅ и F₆ овог локалитета и умерено киселе до слабо алкалне реакције (pH 5,72-7,99). На месту узорковања Степин гај 2 реакција земљишта опада са дужином земљишта (F₃ и F₄) где је реакција земљишта слабо кисела (6,35 и 6,09). pH вредност у CaCl₂ креће се у распону од 4,88-7,06. Вредности хидролитичке киселости у узорцима овог локалитета су ниске и крећу се од 7,50-10,00 mL 0,1M NaOH/50g. Адсорптивни комплекс је високо засићен базама у узорцима F₃, F₄, F₅ и F₆ (76,79-82,32 cmol/kg). Присуство CaCO₃ је ниско (0,00-0,25 %) па ово земљиште припада класи безкарбонатних. Према садржају хумуса земљиште овог локалитета је слабо до средње хумусно (1,96-3,94 %). Присуство TC овде се креће у распону од 1,14-2,28 %, а OC од 1,11-2,28 %. Обезбеђеност земљишта TN у свим узорцима (F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ и F₆) овог локалитета је у класи добре обезбеђености азотом. Узак однос C/N који се креће у распону од 6,56-10,99 указује да се у овим земљиштима одвијају повољни услови за микробиолошку активност, а самим тим за минерализацију и хумификацију органске материје. Као и присуство хумуса обезбеђеност земљишта свих узорака овог локалитета (F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ и F₆) лако приступачном обликом P је веома ниска и креће се у распону од 1,00-8,10 mg/100g, док је обезбеђеност лако приступачним обликом K средња до високе и креће се у распону од 14,09-24,61 mg/100g.

Табела 117. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету Степин Гај

Број локалитета	Редни број узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	pH		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V	CaCO ₃	Хумус	TC	OC	N	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
							cmol/kg											
				(%)	(%)		(%)	(%)	(%)								(%)	(%)
24	F ₁	Степин Гај 1	0-10	7,92	7,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	2,58	1,50	1,47	0,16	9,35	8,10	19,40
	F ₂		10-40	7,99	6,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	1,96	1,14	1,11	0,12	9,46	3,15	17,31
	F ₃	Степин Гај 2	0-10	6,35	5,54	7,50	4,88	22,70	27,58	82,32	0,00	3,94	2,28	2,28	0,23	9,92	1,09	24,61
	F ₄		10-40	6,09	5,08	7,50	4,88	19,80	24,68	80,24	0,00	2,49	1,44	1,44	0,22	6,56	1,00	15,22
	F ₅	Степин Гај 3	0-10	5,72	4,88	10,00	6,50	21,50	28,00	76,79	0,00	3,43	1,99	1,99	0,20	9,94	2,96	17,47
	F ₆		10-40	5,88	4,88	8,50	5,53	20,40	25,93	78,69	0,00	2,09	1,21	1,21	0,11	10,99	3,54	14,09

Присуство виших концентрација истраживаних тешких метала од ГМВ на овом локалитету нису измерене, осим за Ni која се кретала у распону од 43,91-99,24 mg/kg. На сва 3 места узорковања концентрације Ni расту са дужином земљишта а највише су измерене у узорцима F₁ и F₂ у вредностима од 82,76 mg/kg у површинском слоју и 99,24 mg/kg у доњем слоју земљишта. У F₃ у површинском слоју земљишта измерена је вредност овог елемента од 65,41 mg/kg и у F₄ доњем слоју од 65,66 mg/kg. Најниже концентрације Ni измерене су у узорцима земљишта F₅ (44,32 mg/kg) и F₆ (43,91 mg/kg). Уједно су измерене вредности концентрације Ni у свим узорцима овог локалитета биле и више од његових граничних вредности, осим на узорцима F₅ и F₆.

Табела 118. Укупна концентрација тешких метала земљишта на Локалитету Степин Гај

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација тешких метала (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
24	F ₁	Степин Гај 1	0-10	69,0104	21,4136	0,1101	29,4020	68,1465	82,7624
	F ₂		10-40	74,4296	23,8659	0,0434	29,4396	73,7725	99,2428
	F ₃	Степин Гај 2	0-10	64,9226	18,9809	0,0367	25,6869	54,5618	65,4062
	F ₄		10-40	60,3853	18,1406	0,0033	22,3141	46,8749	65,6622
	F ₅	Степин Гај 3	0-10	65,2317	20,7684	<blank	21,3477	41,6101	44,3168
	F ₆		10-40	65,3024	20,4099	<blank	20,5066	35,3908	43,9127
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

25 Локалитет – Авала

Урбана шума Авала налази се у рубној урбанистичкој зони Београда. Земљиште је узорковано на 3 места са 2 дубине где су узети узорци из површинских (F₇, F₉ и F₁₁) и доњих (F₈, F₁₀ и F₁₂) слојева земљишта. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 119. и Табели 120. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 121. Гранулометријски састав земљишта Авале показује да земљиште узорка F₇, F₉ и F₁₀ припада класи праховитих иловача, а земљишта узорка F₈, F₁₁ и F₁₂ класи праховито глиновитих иловача.

Табела 119. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету Авала

Број локалитета	Редни број узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријских састав земљишта (%)						Текстурна класа
					Песка		Праха			Глина	
					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	< 0,002 mm	
25	F ₇	Авала 1	0-10	2,22	3,00	11,30	22,40	27,60	9,50	26,20	Праховита иловача
	F ₈		10-40	2,64	2,30	14,20	17,70	21,90	9,00	34,90	Праховито глиновита иловача
	F ₉	Авала 2	0-10	2,58	4,30	16,80	18,90	30,40	10,10	19,50	Праховита иловача
	F ₁₀		10-40	2,34	3,30	15,20	15,50	31,20	9,90	24,90	Праховита иловача
	F ₁₁	Авала 3	0-10	4,26	0,00	5,60	27,60	29,60	6,40	30,80	Праховито глиновита иловача
	F ₁₂		10-40	4,08	0,30	9,20	20,70	27,90	10,20	31,70	Праховито глиновита иловача

Реакција земљишта у воденој суспензији расте са дубином земљишта. У површинском слоју F₇ реакција земљишта је јако кисела са рН вредношћу од 5,51, што је на горњој граници ове класе, а доњи слој земљишта (F₈) је умерено киселе реакције са рН 5,76. У узорцима F₉ и F₁₀ реакција земљишта је неутрална са вредностима 6,94 и 7,01, док је у узорцима F₁₁ и F₁₂ измерене знатно ниже рН вредности и то у узорку F₁₁ 4,48, а у узорку F₁₂ 4,72, при чему оба узорка припадају класи веома јако киселих земљишта. Реакција земљишта коју изазивају лабаво везани водоникови јони који се десорбују хидролитичким неутралним солима (CaCl₂) најнижа је у узорцима F₁₁ (рН 3,69) и F₁₂ (рН 3,90), а највиша у узорцима F₉ (рН 6,94) и F₁₀ (рН 7,01). Вредности хидролитичке киселости у узорцима овог локалитета су ниске и крећу се од 3,50-31,50 mL0,1MNaOH/50g. Адсорптивни комплекс је високо до средње засићен базама у узорцима F₇, F₈, F₉ и F₁₀ (41,21-93,59 cmol/kg), док је ова вредност нижа у узорцима F₁₁ (27,59 cmol/kg) и F₁₂, (42,09 cmol/kg). Према садржају хумуса површински слојеви земљишта у узорцима земљишта F₉, F₁₀, F₁₁ и F₁₂ су јако хумусни (F₉-5,58 и F₁₁-5,12 %), док су њихови доњи слојеви средње хумусни (F₁₀-3,81 и F₁₂-3,76 %). Такође и површински слој F₇ (3,61 %) припада класи средње хумусних земљишта, док је доњи слој слабо хумусни (F₈-1,76 %). Присуство ТС креће се у распону од 1,02-3,24 %, а ОС се креће у распону од 2,02-3,30 %. TN као и хумус опада са дубином земљишта, а највиши садржај измерен је у површинским слојевима земљишта и то у распону од 0,20-0,30 %, изузев у површинском узорку F₁₁ где је у класи добро снабдевених земљишта (0,19 %). У доњим слојевима TN креће од 0,11-0,19 %, тако да земљишта ових слојева припадају класи добро снабдевена N. Однос C/N у свим слојевима земљишта овог локалитета показује да се у њима одвија повољна минерализација и хумификација органске материје, с обзиром да се вредности крећу у распону од 9,27-17,39 mg/100g. На свим местима узорковања измерена је ниска обезбеђеност P која се креће у распону од 0,97-6,27 mg/100g. Присуство лако приступачног облика K је нешто виша тако да су ова земљишта ниско и средње-максимално обезбеђена, а вредности се крећу од 10,71-17,31 mg/100g.

Табела 120. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету Авала

Број локалитета	Редни број узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	рН		γ 1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V	CaCO ₃	Хумус	ТС	ОС	N	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
				cmol/kg			(%)		mg/100g									
25	F ₇	Авала 1	0-10	5,51	4,52	27,00	17,55	12,30	29,85	41,21	0,00	3,61	2,09	2,09	0,20	10,46	1,04	14,67
	F ₈		10-40	5,76	4,66	16,50	10,73	15,70	26,43	59,41	0,00	1,76	1,02	1,02	0,11	9,27	0,97	17,31
	F ₉	Авала 2	0-10	6,94	6,57	3,50	2,28	33,20	35,48	93,59	0,00	5,58	3,24	3,24	0,27	11,98	6,27	17,31
	F ₁₀		10-40	7,01	6,34	5,25	3,41	21,70	25,11	86,41	0,17	3,81	2,21	2,19	0,19	11,64	1,29	13,35
	F ₁₁	Авала 3	0-10	4,48	3,69	31,50	20,48	7,80	28,28	27,59	0,00	5,70	3,30	3,30	0,19	17,39	4,34	10,71
	F ₁₂		10-40	4,72	3,90	23,50	15,28	11,10	26,38	42,09	0,00	4,54	2,63	2,63	0,19	13,85	1,97	12,22

Као и на претходном локалитету и на Авали нису измерене више концентрације истражених тешких метала од ГМВ, осим за Ni. Више концентрације Ni измерене су у узорцима F₇ површинском (52,75 mg/kg) и F₈ доњем (57,07 mg/kg) слоју земљишта. Такође, виша концентрација ГМВ Ni измерена је и у узорку F₁₀, доњем слоју земљишта (38,73 mg/kg). У узорцима F₇ и F₈ измерене концентрације Ni биле су више од његових граничних вредности, док је измерена концентрација Cr била виша од референтне вредности. Више концентрације од њихових референтних вредности измерене су и за Zn у узорцима F₁₀ (68,21 mg/kg) и F₁₁ (71,45 mg/kg).

Табела 121. Укупна концентрација тешких метала земљишта на Локалитету Авала

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација тешких метала (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
25	F ₇	Авала 1	0-10	59,8321	17,9087	0,2398	42,7329	70,9018	52,7499
	F ₈		10-40	59,8639	19,9246	0,2702	31,7419	52,7508	57,1748
	F ₉	Авала 2	0-10	66,7033	16,1488	0,5062	15,5027	22,2133	23,2524
	F ₁₀		10-40	68,2103	22,6246	0,6397	48,8140	41,6744	38,7327
	F ₁₁	Авала 3	0-10	71,4505	15,9112	0,1933	41,7044	40,9979	31,1758
	F ₁₂		10-40	62,6520	15,1458	0,2432	31,4476	38,4941	34,6527
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

26. Локалитет – Липовачка шума

Овај локалитет као и претходни налази се у рубној урбанистичкој зони Београда где је земљиште узорковано, такође, на 3 места са по 2 дубине где су узети узорци из површинских (F₁₃, F₁₅ и F₁₇) и доњих (F₁₄, F₁₆ и F₁₈) слојева земљишта. Аналитичке вредности лабораторијских испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта овог локалитета представљени су у Табели 122. и Табели 123. а аналитичке вредности концентрације тешких метала у Табели 124. Према гранулометријском саставу земљиште Липовачке шуме као и претходни локалитети урбаних шума припадају класама праховитих иловача и праховито глиновитих иловача. Земљиште узорака F₁₃, F₁₅, F₁₆ и F₁₇ припада класи праховитих иловача, а земљишта узорака F₁₄ и F₁₈ класи праховито глиновитих иловача.

Табела 122. Физичке карактеристике земљишта на Локалитету Липовачка шума

Број локалитета	Редни број узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Хигроскопна вода (%)	Гранулометријски састав земљишта (%)						Текстурна класа
					Песка		Праха			Глина	
					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	< 0,002 mm	
26	F ₁₃	Липовачка шума 1	0-10	2,77	0,50	11,20	23,10	31,40	9,50	24,30	Праховита иловача
	F ₁₄		10-40	2,54	0,70	7,90	24,10	31,70	7,70	27,90	Праховито глиновита иловача
	F ₁₅	Липовачка шума 2	0-10	2,69	0,10	22,10	14,60	25,90	10,20	27,10	Глиновита иловача
	F ₁₆		10-40	2,82	0,40	14,10	21,60	25,90	21,80	16,20	Праховита иловача
	F ₁₇	Липовачка шума 3	0-10	3,14	0,20	23,60	22,60	30,10	8,60	14,90	Праховита иловача
	F ₁₈		10-40	3,10	0,60	15,70	19,90	26,50	10,10	27,20	Праховито глиновита иловача

Активна киселост земљишта овог локалитета је варијабилна. Тако, у узорцима F₁₃ и F₁₄ расте са дубином земљишта и реакција је неутрална до слабо алкална (pH 7,13 и 7,73). У узорцима F₁₅ и F₁₆ pH вредност опада са дубином земљишта, а реакција је овде јако кисела (pH 4,72 и 4,66). У земљишту узорака F₁₇ и F₁₈ киселост земљишта расте са дубином и реакција је овде неутрална (pH 7,13 и 7,30). Супституциона киселост у узорцима F₁₃ и F₁₄ за разлику од активне опада са дубином са pH 6,86 у површинском слоју и 6,46 у доњем слоју. У узорцима

F₁₅ и F₁₆ киселост расте са дубином земљишта, за разлику од активне киселости, са рН вредношћу 3,73 (F₁₅) и 3,89 (F₁₆). У узорцима F₁₇ и F₁₈ киселост земљишта, такође расте са дубином и рН вредност овде износи 6,29 и 6,32. Хидролитичка киселост у површинском слоју F₁₅ има вредност 51,50 mL0,1MNaOH/50g, међутим ова вредност се у доњем слоју F₁₆ спушта на 44,50 mL0,1MNaOH/50g, док у земљишту узорака F₁₇ и F₁₈ има знатно ниже вредности и то 10,25 mL0,1MNaOH/50g и 9,75 mL0,1MNaOH/50g. Највиши садржај хумуса утврђен је у земљиштима узорака F₁₇ и F₁₈ и то 5,03 % у површинском и 3,73 % у доњем слоју земљишта, затим у узорцима F₁₃ и F₁₄ са вредношћу 4,37 % у површинском и 2,67 % у доњем слоју земљишта, а најниже вредности измерене су у земљиштима узорака F₁₅ (3,00 %) и F₁₈ (2,43 %). Присуство ТС прати хумус тако да је највиша вредност измерена у земљишту узорка F₁₇ (2,92 %), а најнижа у земљишту узорка F₁₇ (1,55 %) и присуство ОС прати хумус а вредности су се кретале у распону од 1,41-2,92 %. Садржај TN прати садржај хумуса тако да је највише присуство измерено у површинским слојевима F₁₇ (0,24 %) и F₁₃ (0,22 %). Као и на претходном локалитету узак однос C/N, који се креће у распону од 9,65-12,73, показује да се у овим земљиштима одвијају повољни услови за микробиолошку активност за минерализацију и хумификацију органске материје. Високи садржаји лако приступачних облика Р и К измерени су само у површинском слоју F₁₃ (за Р 23,23 mg/100g и за К 26,98 mg/100g), док у осталим слојевима овог локалитета њихово присуство је ниско и кретало се у распонима за Р од 2,15-5,92 mg/100g и за К од 10,71-12,91 mg/100g. Изузетак је доњи слој F₁₄ који је са 20,82 mg/100g средње-максимално обезбеђен К.

Табела 123. Хемијске карактеристике земљишта на Локалитету Липовачка шума

Број локалитета	Редни број узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	рН		Y1 mL 0,1M NaOH/50g	Адсорптивни комплекс			V	CaCO ₃	Хумус	ТС	ОС	N	C/N	Лако приступачан	
				H ₂ O	CaCl ₂		(T-S)	S	T								P	K
				(%)	(%)		(%)	(%)	(%)								(%)	(%)
26	F ₁₃	Липовачка шума 1	0-10	7,41	6,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,32	4,37	2,54	2,50	0,22	11,53	23,23	26,98
	F ₁₄		10-40	7,73	6,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	2,67	1,55	1,54	0,14	11,07	14,37	20,82
	F ₁₅	Липовачка шума 2	0-10	4,72	3,73	33,48	4,20	37,68	11,15	0,00	0,00	3,00	1,74	1,74	0,18	9,65	5,92	10,71
	F ₁₆		10-40	4,66	3,89	28,93	6,20	35,13	17,65	0,00	0,00	2,43	1,41	1,41	0,14	10,05	2,50	10,71
	F ₁₇	Липовачка шума 3	0-10	7,13	6,29	6,66	22,80	29,46	77,39	0,00	0,00	5,03	2,92	2,92	0,24	12,15	2,70	11,59
	F ₁₈		10-40	7,30	6,32	6,34	22,30	28,64	77,87	0,00	0,00	3,73	2,16	2,16	0,17	12,73	2,15	12,91

Као и на претходним локалитетима и у земљишту Липовачке шуме није измерено повишено присуство истраживаних тешких метала осим Ni. Међутим, виша концентрација Ni од ГМВ измерена је само у 2 узорка (F₁₃ и F₁₈) са концентрацијама од 52,39 mg/kg (површински слој – F₁₃) и 35,76 mg/kg (доњи слој – F₁₃). Такође, утврђена концентрација Ni у површинском слоју (F₁₃) била је виша и од његових граничних вредности. У узорку F₁₃ измерена је и виша концентрација Zn (90,47 mg/kg) од његове референтне вредности, као и за Cr (70,41 mg/kg). Такође, више концентрације Cr од његове референтне вредности утврђене су и у узорку F₁₇ (54,56 mg/kg).

Табела 124. Укупна концентрација тешких метала земљишта на Локалитету Липовачка шума

Број локалитета	Ознака узорка	Место узорковања	Дубина (cm)	Концентрација тешких метала (mg/kg)					
				Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
26	F ₁₃	Липовачка шума 1	0-10	90,4725	28,0388	0,5836	22,2096	70,4072	52,3894
	F ₁₄		10-40	60,6061	18,3949	0,3696	35,9540	43,1002	32,3876
	F ₁₅	Липовачка шума 2	0-10	60,3334	17,7296	0,2200	37,6329	41,4036	30,0783
	F ₁₆		10-40	60,6245	19,3495	0,3166	37,1359	37,4825	32,1936
	F ₁₇	Липовачка шума 3	0-10	62,7264	18,6052	0,5792	36,4714	54,5606	33,2690
	F ₁₈		10-40	60,8054	19,4473	0,6767	35,2245	53,0784	35,7579
Референтна вредност				68,14	31,8	0,86	54,92	52,4	52
ГМВ				140	36	0,8	85	100	35
Ремедијациона вредност				720	190	12	530	380	210

4.4. Варијабилност физичких и хемијских карактеристика и средњих вредности концентрација тешких метала земљишта у односу на тип њиховог коришћења

4.4.1. Варијабилност физичких карактеристика истражених земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Варијабилности физичких карактеристика истражених земљишта Београда (земљишта паркова, индустријских комплекса/зона, уз саобраћајна чворишта и урбаних шума) у односу на тип коришћења земљишта Београда (паркови, индустријски комплекси/зоне, уз саобраћајна чворишта и урбане шуме) испитана је у површинским (0-10 cm) и доњим (10-40 cm) слојевима земљишта.

Статистичке вредности средњих разлика испитиваних физичких карактеристика површинских слојева земљишта (0-10 cm) различитих типова коришћења земљишта Београда приказане су у Табели 125.

Највиша средња вредност хигроскопне воде измерена је у површинским слојевима земљишта урбаних шума ($3,33 \pm 0,88$ %). Нешто ниже њене средње вредности утврђене су у површинским слојевима паркова ($3,03 \pm 0,68$ %), индустријских комплекса/зона ($2,36 \pm 0,71$ %), а најниже у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта ($2,06 \pm 0,84$ %). Највиша средња вредност процентуалног учешћа фракције грубог песка (2,0-0,2 mm) измерена је у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона ($10,42 \pm 7,14$ %). Ниже средње вредности процентуалног учешћа фракције грубог песка (2,0-0,2 mm) измерене су у површинским слојевима земљишта: уз саобраћајна чворишта ($9,66 \pm 7,23$ %), паркова ($4,53 \pm 5,81$ %) и урбаних шума ($0,97 \pm 1,56$ %). Највиша средња вредност фракције финог песка (0,2-0,06 mm) измерена је у површинским слојевима земљиштима саобраћајних чворишта ($31,47 \pm 12,08$ %). Даље у опадајућем низу измерене су средње вредности фракције финог песка (0,2-0,06 mm) у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($30,42 \pm 15,34$ %), паркова ($23,54 \pm 8,24$ %) и урбаних шума ($13,47 \pm 6,36$ %). Средње вредности фракције грубог праха (0,06-0,02 mm) у опадајућем низу измерене су најпре у површинским слојевима истражених земљишта урбаних шума ($21,80 \pm 4,03$ %), затим паркова ($15,64 \pm 4,34$ %), индустријских комплекса/зона ($14,02 \pm 4,85$ %) и уз саобраћајна чворишта ($12,51 \pm 4,61$ %). Највиша средња вредност фракције финог праха 1 (0,02-0,006 mm) измерена је у површинским слојевима земљиштима урбаних шума ($27,04 \pm 4,34$ %). Нешто ниже средње вредности фракције финог праха 1 (0,02-0,006 mm) измерене су у површинским слојевима истражених земљишта паркова ($20,96 \pm 4,20$ %), затим индустријских комплекса/зона ($17,88 \pm 6,22$ %) и уз саобраћајна чворишта ($16,16 \pm 5,15$ %). Фракција финог праха 2 (0,006 - 0,002 mm) за разлику од претходне фракције земљишта има највишу средњу вредност у површинским слојевима истражених земљишта паркова ($10,79 \pm 3,52$ %), а нешто ниже средње вредности ове фракције земљишта измерене су у земљиштима урбаних шума ($9,01 \pm 1,17$ %), уз саобраћајна чворишта ($8,32 \pm 2,50$ %) и индустријских комплекса/зона ($7,68 \pm 3,17$ %).

Фракција глине (<0,002 mm) прати претходну фракцију, тако да је њена средња вредност у опадајућем низу измерена у површинским слојевима земљиштима урбаних шума ($27,71 \pm 7,42$ %), паркова ($24,88 \pm 7,79$ %), уз саобраћајна чворишта ($21,88 \pm 8,28$ %) и индустријских комплекса/зона ($19,58 \pm 9,37$ %).

Табела 125. Статистичке вредности за средње разлике физичких карактеристика површинских слојева истражених земљишта (0-10 cm) Београда различитих типова њиховог коришћења

ФКЗ	Тип коришћења земљишта	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
Хигроскопна вода	Паркови	17	3,0312	0,68166	0,16533	2,6807	3,3817	1,66	4,25
	Индустријски комплекси/зоне	5	2,3560	0,71465	0,003196	1,4686	3,2434	1,37	3,06
	Саобраћајна чворишта	32	2,0594	0,83606	0,14780	1,7579	2,3608	0,45	5,10
	Урбане шуме	9	3,3344	0,87932	0,29311	2,6585	4,0103	2,22	4,62
	Укупно	63	2,5273	0,93898	0,11830	2,2908	2,7638	0,45	5,10
Груби песак (2,0-0,2 mm)	Паркови	17	4,5294	5,81300	1,40986	1,5406	7,5182	0,20	19,70
	Индустријски комплекси/зоне	5	10,4200	7,13947	3,19287	1,5552	19,2848	2,00	20,60
	Саобраћајна чворишта	32	9,6562	7,22817	1,27777	7,0502	12,2623	0,80	28,70
	Урбане шуме	9	0,9667	1,56365	0,52122	-0,2353	2,1686	0,00	4,30
	Укупно	63	7,0921	7,06975	0,89070	5,3116	8,8726	0,00	28,70
Фини песак (0,2-0,06 mm)	Паркови	17	23,5353	8,24424	1,99952	19,2965	27,7741	10,60	43,50
	Индустријски комплекси/зоне	5	30,4200	15,33532	6,85816	11,3787	49,4613	16,70	55,20
	Саобраћајна чворишта	32	31,4719	12,08236	2,13588	27,1157	35,8280	11,20	64,80
	Урбане шуме	9	13,4667	6,36278	2,12093	8,5758	18,3575	5,60	23,60
	Укупно	63	26,6746	12,32732	1,55310	23,5700	29,7792	5,60	64,80
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Паркови	17	15,6412	4,34411	1,05360	13,4076	17,8747	9,00	25,00
	Индустријски комплекси/зоне	5	14,0200	4,85253	2,17012	7,9948	20,0452	7,50	21,10
	Саобраћајна чворишта	32	12,5125	4,60727	0,81446	10,8514	14,1736	0,80	21,20
	Урбане шуме	9	21,8000	4,03175	1,34392	18,7009	24,8991	14,60	27,60
	Укупно	63	14,8032	5,39970	0,68030	13,4433	16,1631	0,80	27,60
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Паркови	17	20,9588	4,20269	1,01930	18,7980	23,1196	12,10	29,20
	Индустријски комплекси/зоне	5	17,8800	6,21667	2,78018	10,1610	25,5990	8,10	23,60
	Саобраћајна чворишта	32	16,1594	5,15244	0,91083	14,3017	18,0170	3,30	24,10
	Урбане шуме	9	27,0444	4,33910	1,44637	23,7091	30,3798	17,40	31,40
	Укупно	63	19,1460	6,11921	0,77095	17,6049	20,6871	3,30	31,40
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	Паркови	17	10,7941	3,51754	0,85313	8,9856	12,6027	8,00	23,10
	Индустријски комплекси/зоне	5	7,6800	3,17285	1,41894	3,7404	11,6196	2,80	11,50
	Саобраћајна чворишта	32	8,3188	2,49534	0,44112	7,4191	9,2184	3,30	13,50
	Урбане шуме	9	9,0111	1,16881	0,38960	8,1127	9,9095	6,40	10,20
	Укупно	63	9,0349	2,89717	0,36501	8,3053	9,7646	2,80	23,10
Глина (<0,002 mm)	Паркови	17	24,8824	7,78526	1,88820	20,8795	28,8852	6,10	37,40
	Индустријски комплекси/зоне	5	19,5800	9,36867	4,18980	7,9473	31,2127	5,80	31,20
	Саобраћајна чворишта	32	21,8812	8,27762	1,46329	18,8968	24,8657	6,20	45,10
	Урбане шуме	9	27,7111	7,42284	2,47428	22,0054	33,4168	14,90	36,40
	Укупно	63	23,3413	8,26664	1,04150	21,2593	25,4232	5,80	45,10

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

Применом теста хомогености варијансе (Табела 126.) утврђено је да она није потврђена само код фракције грубог песка 2,00-0,2 mm (*Sig.* 0,12) на нивоу 0,05, тако да ће се статистички значајне разлике средњих вредности за ову фракцију земљишта у односу на тип коришћења земљишта вредновати на основу резултата добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 127).

Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) показује да постоје статистички значајне разлике за истражене фракције земљишта у односу на тип коришћења земљишта и то за: хигроскопну воду (*Sig.*=0,000; $p<0,01$), фракцију грубог песка (*Sig.*=0,001; $p<0,01$), финог песка (*Sig.*=0,000; $p<0,01$), грубог праха (*Sig.*=0,000; $p<0,01$), финог праха 1 (*Sig.*=0,000; $p<0,01$) и фракцију финог праха 2 (*Sig.*=0,021; $p<0,05$). Статистички значајна разлика једино није утврђена за фракцију глине (*Sig.*=0,161) (Табела 128). Статистички значајне разлике за истражене фракције потврђује и тест једнакости аритметичке средине (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 127).

Табела 126. Статистичке вредности теста хомогености варијансе физичких карактеристика површинских слојева (0-10 cm) истражених земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења

Физичке карактеристике земљишта	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Хигроскопна вода	0,324	3	59	0,808
Групи песак (2,0-0,2 mm)	3,965	3	59	0,012
Фини песак (0,2-0,06 mm)	1,609	3	59	0,197
Груби прах (0,06-0,02 mm)	0,227	3	59	0,877
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	0,916	3	59	0,439
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	1,031	3	59	0,385
Глина (<0,002 mm)	0,043	3	59	0,988

Табела 127. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности физичких карактеристика површинских слојева (0-10 cm) истражених земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Физичке карактеристике земљишта	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Хигроскопна вода	8,242	3	14,711	0,002
Груби песак (2,0-0,2 mm)	14,789	3	15,491	0,000
Фини песак (0,2-0,06 mm)	11,373	3	14,867	0,000
Груби прах (0,06-0,02 mm)	10,827	3	14,542	0,001
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	13,059	3	14,291	0,000
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	2,293	3	15,231	0,119
Глина (<0,002 mm)	1,684	3	14,369	0,215

a. асимптотскау F дистрибуција.

Табела 128. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлике средњих вредности физичких карактеристика површинских слојева (0-10 cm) истражених земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Физичке карактеристике земљишта	Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.	
Хигроскопна вода	Између група	17,333	3	5,778	9,131	0,000
	Унутар група	37,332	59	0,633		
	Укупно	54,665	62			
Груби песак (2,0-0,2 mm)	Између група	715,104	3	238,368	5,900	0,001
	Унутар група	2383,742	59	40,402		
	Укупно	3098,846	62			
Фини песак (0,2-0,06 mm)	Између група	2544,168	3	848,056	7,275	0,000
	Унутар група	6877,532	59	116,568		
	Укупно	9421,699	62			
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Између група	623,515	3	207,838	10,355	0,000
	Унутар група	1184,204	59	20,071		
	Укупно	1807,719	62			
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Између група	910,788	3	303,596	12,697	0,000
	Унутар група	1410,789	59	23,912		
	Укупно	2321,577	62			
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	Између група	78,208	3	26,069	3,478	0,021
	Унутар група	442,195	59	7,495		
	Укупно	520,403	62			
Глина (<0,002 mm)	Између група	351,182	3	117,061	1,777	0,161
	Унутар група	3885,730	59	65,860		
	Укупно	4236,913	62			

Tukey HSD тест показао је да се у погледу присуства хигроскопне воде површински слојеви истражених земљишта уз саобраћајна чворишта статистички значајно разликују на нивоу 0,01 од површинских слојева земљишта паркова (*Sig.*=0,001) и урбаних шума (*Sig.*=0,000). Површинских слојеви истражених земљишта уз саобраћајна чворишта се статистички значајно разликују у погледу средњих вредности фракције грубог песка од површинских слојева земљишта паркова (*Sig.*=0,045) и индустријских комплекса/зона (*Sig.*=0,047) на нивоу 0,05, а од површинских слојева земљишта урбаних шума (*Sig.*=0,003) на нивоу 0,01. У погледу средњих вредности фракције финог песка установљено је да се земљишта површинских слојева урбаних шума статистички значајно разликују од површинских слојева земљишта индустријских комплекса/зона (*Sig.*=0,033 $p<0,05$) и уз саобраћајна чворишта (*Sig.*=0,000 $p<0,01$). Овај тест је показао да се површински слојеви истражених земљишта урбаних шума статистички значајно разликују у процентуалном присуству фракције грубог праха од површинских слојева земљишта паркова (*Sig.*=0,008; $p<0,01$), индустријских комплекса/зона (*Sig.*=0,015; $p<0,05$) и површинских слојева истражених земљишта уз саобраћајна чворишта (*Sig.*=0,000; $p<0,01$) (Табела 129). Као и за фракцију земљишта груби прах тако и за фракцију фини прах 1 измерене су значајне разлике између површинских слојева земљишта урбаних шума и осталих типова њиховог коришћења и то: паркова (*Sig.*=0,019; $p<0,05$), индустријских комплекса/зона (*Sig.*=0,007; $p<0,01$) и површинских слојева земљишта уз саобраћајна чворишта (*Sig.*=0,000; $p<0,01$). За разлику од средњих вредности претходне фракције земљишта у погледу средњих вредности фракције фини прах 2 статистички значајне разлике измерене су само између површинских слојева земљишта паркова и оних уз саобраћајна чворишта (*Sig.*=0,019) на нивоу 0,05 (Табела 129).

Табела 129. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја различитог типа коришћења земљишта на његове физичке карактеристике површинских слојева (0-10 cm)

ФКЗ	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
Хигроскопна вода	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	0,67518	0,40468	0,349	-0,3947	1,7451
		Саобраћајна чворишта	0,97180*	0,23873	0,001	0,3406	1,6030
		Урбане шуме	-0,30327	0,32791	0,792	-1,1702	0,5637
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-0,67518	0,40468	0,349	-1,7451	0,3947
		Саобраћајна чворишта	0,29663	0,38252	0,865	-0,7147	1,3079
		Урбане шуме	-0,97844	0,44368	0,134	-2,1514	0,1946
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-0,97180*	0,23873	0,001	-1,6030	-0,3406
		Индустријски комплекси/зоне	-0,29663	0,38252	0,865	-1,3079	0,7147
		Урбане шуме	-1,27507*	0,30013	0,000	-2,0686	-0,4816
	Урбане шуме	Паркови	0,30327	0,32791	0,792	-0,5637	1,1702
		Индустријски комплекси/зоне	0,97844	0,44368	0,134	-0,1946	2,1514
		Саобраћајна чворишта	1,27507*	0,30013	0,000	0,4816	2,0686
Груби песок (2,0-0,2 mm)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-5,89059	3,23374	0,274	-14,4399	2,6588
		Саобраћајна чворишта	-5,12684*	1,90767	0,045	-10,1703	-0,0834
		Урбане шуме	3,56275	2,62026	0,529	-3,3647	10,4902
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	5,89059	3,23374	0,274	-2,6588	14,4399
		Саобраћајна чворишта	0,76375	3,05664	0,994	-7,3174	8,8449
		Урбане шуме	9,45333*	3,54537	0,047	0,0801	18,8266
	Саобраћајна чворишта	Паркови	5,12684*	1,90767	0,045	0,0834	10,1703
		Индустријски комплекси/зоне	-0,76375	3,05664	0,994	-8,8449	7,3174
		Урбане шуме	8,68958*	2,39828	0,003	2,3490	15,0301
	Урбане шуме	Паркови	-3,56275	2,62026	0,529	-10,4902	3,3647
		Индустријски комплекси/зоне	-9,45333*	3,54537	0,047	-18,8266	-0,0801
		Саобраћајна чворишта	-8,68958*	2,39828	0,003	-15,0301	-2,3490

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

ФКЗ	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
Фини песак (0,2-0,06 mm)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-6,88471	5,49278	0,596	-21,4065	7,6371
		Саобраћајна чворишта	-7,93658	3,24033	0,079	-16,5033	0,6302
		Урбане шуме	10,06863	4,45073	0,119	-1,6982	21,8354
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	6,88471	5,49278	0,596	-7,6371	21,4065
		Саобраћајна чворишта	-1,05188	5,19196	0,997	-14,7783	12,6746
		Урбане шуме	16,95333*	6,02210	0,033	1,0321	32,8745
	Саобраћајна чворишта	Паркови	7,93658	3,24033	0,079	-0,6302	16,5033
		Индустријски комплекси/зоне	1,05188	5,19196	0,997	-12,6746	14,7783
		Урбане шуме	18,00521*	4,07367	0,000	7,2353	28,7752
	Урбане шуме	Паркови	-10,06863	4,45073	0,119	-21,8354	1,6982
		Индустријски	-16,95333*	6,02210	0,033	-32,8745	-1,0321
		Саобраћајна чворишта	-18,00521*	4,07367	0,000	-28,7752	-7,2353
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	1,62118	2,27924	0,892	-4,4046	7,6470
		Саобраћајна чворишта	3,12868	1,34458	0,103	-0,4261	6,6835
		Урбане шуме	-6,15882*	1,84684	0,008	-11,0415	-1,2762
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-1,62118	2,27924	0,892	-7,6470	4,4046
		Саобраћајна чворишта	1,50750	2,15441	0,897	-4,1883	7,2033
		Урбане шуме	-7,78000*	2,49888	0,015	-14,3865	-1,1735
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-3,12868	1,34458	0,103	-6,6835	0,4261
		Индустријски комплекси/зоне	-1,50750	2,15441	0,897	-7,2033	4,1883
		Урбане шуме	-9,28750*	1,69037	0,000	-13,7565	-4,8185
	Урбане шуме	Паркови	6,15882*	1,84684	0,008	1,2762	11,0415
		Индустријски	7,78000*	2,49888	0,015	1,1735	14,3865
		Саобраћајна чворишта	9,28750*	1,69037	0,000	4,8185	13,7565
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	3,07882	2,48775	0,606	-3,4983	9,6559
		Саобраћајна чворишта	4,79945*	1,46759	0,009	0,9195	8,6794
		Урбане шуме	-6,08562*	2,01579	0,019	-11,4150	-0,7563
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-3,07882	2,48775	0,606	-9,6559	3,4983
		Саобраћајна чворишта	1,72063	2,35150	0,884	-4,4963	7,9375
		Урбане шуме	-9,16444*	2,72749	0,007	-16,3754	-1,9535
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-4,79945*	1,46759	0,009	-8,6794	-0,9195
		Индустријски комплекси/зоне	-1,72063	2,35150	0,884	-7,9375	4,4963
		Урбане шуме	-10,88507*	1,84502	0,000	-15,7629	-6,0072
	Урбане шуме	Паркови	6,08562*	2,01579	0,019	0,7563	11,4150
		Индустријски	9,16444*	2,72749	0,007	1,9535	16,3754
		Саобраћајна чворишта	10,88507*	1,84502	0,000	6,0072	15,7629
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	3,11412	1,39278	0,126	-0,5681	6,7963
		Саобраћајна чворишта	2,47537*	0,82164	0,019	0,3031	4,6476
		Урбане шуме	1,78301	1,12855	0,398	-1,2007	4,7667
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-3,11412	1,39278	0,126	-6,7963	0,5681
		Саобраћајна чворишта	-0,63875	1,31650	0,962	-4,1193	2,8418
		Урбане шуме	-1,33111	1,52700	0,819	-5,3682	2,7060
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-2,47537*	0,82164	0,019	-4,6476	-0,3031
		Индустријски комплекси/зоне	0,63875	1,31650	0,962	-2,8418	4,1193
		Урбане шуме	-0,69236	1,03294	0,908	-3,4233	2,0385
	Урбане шуме	Паркови	-1,78301	1,12855	0,398	-4,7667	1,2007
		Индустријски комплекси/зоне	1,33111	1,52700	0,819	-2,7060	5,3682
		Саобраћајна чворишта	0,69236	1,03294	0,908	-2,0385	3,4233

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

Ні-квадрат показује да не постоји значајна разлика у заступљености текстурних класа у површинским слојевима истражених земљишта између различитог типа њиховог коришћења ($\chi^2=27,570$; $p=0,069$), при чему Крамеров коефицијент показује да је веза слаба ($V=0,382$). Из Табеле 130. може се видети да су се земљишта површинских слојева паркова распоредила у свим текстурним класама, али доминирају у класи иловача, а да значајан број њих припада и класи праховито глиновитих иловача. Површински слојеви истражених земљишта индустријских комплекса/зона распоредили су се у свим текстурним класама, док су се површинских слојеви истражених земљишта уз саобраћајна чворишта распоредила у свим класама, али доминирају у класи иловача (37,5 %), а значајан број њих припада и класи глиновитих иловача (25 %) и песковитих иловача (18,8 %). Површински слојеви земљишта урбаних шума припадају класама праховитих иловача (44,4 %) и праховито глиновита иловача (44,4 %).

Табела 130. Процентуална расподела текстурних класа истражених земљишта површинских слојева Београда у односу на различит тип њиховог коришћења (%)

Тип коришћења земљишта	Песковита иловача	Песковито глиновита иловача	Праховита иловача	Праховито глиновита иловача	Иловача	Иловасти песак	Глиновита иловача	Укупно
Паркови	5,9	5,9	11,8	23,5	41,2	0,0	11,8	100
Индустријски комплекси/зоне	20,0	0,0	20,0	0,0	40,0	0,0	20,0	100
Саобраћајна чворишта	18,8	3,1	12,5	0,0	37,5	3,1	25,0	100
Урбане шуме	0,0	0,0	44,4	44,4	0,0	0,0	11,1	100
Укупно	12,7	3,2	17,5	12,7	33,3	1,6	19,0	100

Значајност Хи-квадрат теста за повезаност текстурне класе и типа коришћења земљишта у површинском слоју

	χ^2	df	p	Крамеров V
Површински слој (0-10 cm)	27,570 ^a	18	0,069	0,382

Статистичке вредности средњих разлика испитиваних физичких карактеристика **доњих слојева** (10-40 cm) земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења приказане су у Табели 131.

Процентуално присуство хигроскопне воде у земљиштима доњих слојева прати процентуално присуство хигроскопне воде у земљиштима површинских слојева, тако да су њене највише средње вредности у овим земљиштима измерене у следећем опадајућем низу: урбане шуме (3,32±0,82 %), паркови (2,79±0,76 %), индустријски комплекси/зоне (2,24±0,64 %) и уз саобраћајна чворишта (2,10±0,91 %).

Средње вредности процентуалног учешћа фракције грубог песка у доњим слојевима истражених земљишта прате средње вредности процентуалног учешћа фракције грубог песка у површинским слојевима и забележен је у опадајућем низу: у земљиштима индустријских комплекса/зона (12,22±9,58 %), уз саобраћајних чворишта (8,35±5,70 %), паркова (4,53±4,84 %) и урбаних шума (0,87±1,15 %). Највиша средња вредност фракције финог песка за разлику од средње вредност фракције финог песка у површинским слојевима истражених земљишта измерена је доњем слоју земљишта индустријских комплекса/зона (32,20±14,10 %). Нешто ниже средње вредности средње вредност фракције финог песка измерене су у површинским слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта (29,40±14,82 %), паркова (23,09±10,59 %) и урбаних шума (11,24±3,53 %).

Средње вредности фракција грубог праха у истоветном опадајућем низу, као у површинским измерене су и у доњим слојевима земљишта урбаних шума (20,28±3,10 %), паркова (15,65±4,84 %), индустријских комплекса/зона (13,64±5,94 %) и уз саобраћајна чворишта (12,43±4,83 %). Такође, као и у површинским тако и у доњим слојевима истражених земљишта фракције финог праха 1 са највишим средњим вредностима измерене су у доњим слојевима истражених земљишта урбаних шума (26,30±3,78 %) и паркова (20,41±4,32 %). Незнатно мање средње вредности фракције финог праха 1 измерене су у доњим слојевима

истражених земљишта уз саобраћајних чворишта ($15,84 \pm 4,38$ %) и индустријских комплекса/зона ($15,70 \pm 5,76$ %). За разлику од површинских, највиша средња вредност фракција финог праха 2 измерена је у доњим слојевима истражених земљишта урбаних шума ($10,70 \pm 4,24$ %). Средње вредности финог праха 2 у доњим слојевима осталих истражених земљишта измерене су у опадајућем низу: паркови ($9,55 \pm 2,09$ %), уз саобраћајна чворишта ($8,45 \pm 2,48$ %) и индустријски комплекси/зоне ($7,88 \pm 3,08$ %). Средње вредности фракција глине прате њене средње вредности у површинским слојевима, а измерена је у истоветном опадајућем низу као и претходне две фракције земљишта у доњим слојевима истражених земљишта урбаних шума ($30,61 \pm 7,46$ %), паркова ($26,89 \pm 8,18$ %), уз саобраћајних чворишта ($25,53 \pm 10,49$ %) и индустријских комплекса/зона ($18,36 \pm 10,74$ %).

Табела 131. Статистичке вредности за средње разлике физичких карактеристика доњих слојева (10-40 cm) истражених земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења

ФКЗ	Тип коришћења земљишта	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
Хигроскопна вода	Паркови	17	2,7935	0,76016	0,18436	2,4027	3,1844	1,18	4,32
	Индустријски комплекси/зоне	5	2,2400	0,64323	0,28766	1,4413	3,0387	1,38	3,05
	Саобраћајна чворишта	32	2,1038	0,91324	0,16144	1,7745	2,4330	0,40	5,52
	Урбане шуме	9	3,3222	0,81873	0,27291	2,6929	3,9516	2,34	4,65
	Укупно	63	2,4748	0,94176	0,11865	2,2376	2,7119	0,40	5,52
Груби песак (2,0-0,2 mm)	Паркови	17	4,5294	4,84172	1,17429	2,0400	7,0188	0,00	17,80
	Индустријски комплекси/зоне	5	12,2200	9,57559	4,28234	0,3303	24,1097	0,80	23,20
	Саобраћајна чворишта	32	8,3500	5,69776	1,00723	6,2957	10,4043	0,80	25,70
	Урбане шуме	9	0,8667	1,14891	0,38297	-0,0165	1,7498	0,00	3,30
	Укупно	63	6,5571	6,20007	0,78114	4,9957	8,1186	0,00	25,70
Фини песак (0,2-0,06 mm)	Паркови	17	23,0882	10,59445	2,56953	17,6411	28,5354	8,10	50,80
	Индустријски комплекси/зоне	5	32,2000	14,10337	6,30722	14,6884	49,7116	18,10	53,20
	Саобраћајна чворишта	32	29,4031	14,82109	2,62002	24,0596	34,7467	8,00	83,40
	Урбане шуме	9	11,2444	3,53380	1,17793	8,5281	13,9608	6,60	15,70
	Укупно	63	25,3270	13,99248	1,76289	21,8030	28,8509	6,60	83,40
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Паркови	17	15,6471	4,83802	1,17339	13,1596	18,1345	7,70	24,00
	Индустријски комплекси/зоне	5	13,6400	5,94163	2,65718	6,2625	21,0175	8,30	22,40
	Саобраћајна чворишта	32	12,4294	4,83170	0,85413	10,6874	14,1714	3,20	21,80
	Урбане шуме	9	20,2778	3,10112	1,03371	17,8940	22,6615	15,50	25,40
	Укупно	63	14,5149	5,35822	0,67507	13,1655	15,8644	3,20	25,40
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Паркови	17	20,4118	4,31667	1,04695	18,1923	22,6312	9,20	26,70
	Индустријски комплекси/зоне	5	15,7000	5,75630	2,57430	8,5526	22,8474	7,30	20,50
	Саобраћајна чворишта	32	15,8363	4,38413	0,77501	14,2556	17,4169	3,40	24,10
	Урбане шуме	9	26,3000	3,77856	1,25952	23,3955	29,2045	20,70	31,70
	Укупно	63	18,5549	5,70300	0,71851	17,1186	19,9912	3,40	31,70
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	Паркови	17	9,5471	2,08959	0,50680	8,4727	10,6214	6,90	13,60
	Индустријски комплекси/зоне	5	7,8800	3,07604	1,37565	4,0606	11,6994	3,10	11,30
	Саобраћајна чворишта	32	8,4531	2,47933	0,43829	7,5592	9,3470	1,30	13,80
	Урбане шуме	9	10,7000	4,23556	1,41185	7,4443	13,9557	7,70	21,80
	Укупно	63	9,0238	2,80752	0,35371	8,3167	9,7309	1,30	21,80
Глина (<0,002 mm)	Паркови	17	26,8941	8,17592	1,98295	22,6904	31,0978	7,50	36,80
	Индустријски комплекси/зоне	5	18,3600	10,74351	4,80464	5,0202	31,6998	6,10	28,80
	Саобраћајна чворишта	32	25,5281	10,49320	1,85495	21,7449	29,3113	3,70	53,00
	Урбане шуме	9	30,6111	7,46482	2,48827	24,8731	36,3491	16,20	40,30
	Укупно	63	26,0540	9,75017	1,22841	23,5984	28,5095	3,70	53,00

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

Применом теста хомогености варијансе (Табела 132) утврђено је да она није потврђена за фракције груби песок (*Sig.* 0,003) на нивоу 0,01, тако да ће се статистички значајне разлике средњих вредности за ову фракцију у односу на тип коришћења земљишта вредновати на основу резултата добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 133).

Табела 132. Статистичке вредности теста хомогености варијансе физичких карактеристика доњих слојева (10-40 cm) истражених земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

Физичке карактеристике земљишта	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Хигроскопна вода	0,180	3	59	0,910
Груби песок (2,0-0,2 mm)	5,138	3	59	0,003
Фини песок (0,2-0,06 mm)	1,873	3	59	0,144
Груби прах (0,06-0,02 mm)	1,143	3	59	0,339
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	0,592	3	59	0,622
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	0,389	3	59	0,761
Глина (<0,002 mm)	0,516	3	59	0,673

Табела 133. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности физичких карактеристика доњих слојева (10-40 cm) истражених земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Физичке карактеристике земљишта	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Хигроскопна вода	5,660	3	15,551	0,008
Груби песок (2,0-0,2 mm)	17,997	3	15,162	0,000
Фини песок (0,2-0,06 mm)	17,408	3	15,646	0,000
Груби прах (0,06-0,02 mm)	10,638	3	14,795	0,001
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	16,369	3	14,209	0,000
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	1,461	3	13,556	0,269
Глина (<0,002 mm)	1,801	3	14,781	0,191

а. асимптотска F дистрибуција.

Једнофакторска анализа варијансе показује да постоје статистички значајне разлике у односу на различите типове коришћења земљишта за хигроскопну воду (*Sig.*=0,001; $p < 0,01$), фракцију грубог песка (*Sig.*=0,000; $p < 0,01$), финог песка (*Sig.*=0,02; $p < 0,01$), грубог праха (*Sig.*=0,000; $p < 0,01$) и финог праха 1 (*Sig.*=0,000; $p < 0,01$), док за фракције финог праха 2 (*Sig.*=0,111) и глине (*Sig.*=0,150) не показује значајне разлике (Табела 134). Тест једнакости аритметичке средине (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) потврђује статистички значајне разлике као и једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) (Табела 133).

Табела 134. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлике средњих вредности физичких карактеристика доњих слојева (10-40 cm) истражених земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

Физичке карактеристике земљишта		Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
Хигроскопна вода	Између група	12,871	3	4,290	6,010	0,001
	Унутар група	42,117	59	0,714		
	Укупно	54,988	62			
Груби песок (2,0-0,2 mm)	Између група	624,531	3	208,177	6,983	0,000
	Унутар група	1758,803	59	29,810		
	Укупно	2383,334	62			

Физичке карактеристике земљишта		Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
Фини песак (0,2-0,06 mm)	Између група	2637,935	3	879,312	5,460	0,002
	Унутар група	9501,010	59	161,034		
	Укупно	12138,944	62			
Груби прах (0,06-0,02 mm)	Између група	463,696	3	154,565	6,928	0,000
	Унутар група	1316,354	59	22,311		
	Укупно	1780,050	62			
Фини прах 1 (0,02-0,006 mm)	Између група	875,760	3	291,920	15,098	0,000
	Унутар група	1140,737	59	19,335		
	Укупно	2016,498	62			
Фини прах 2 (0,006-0,002 mm)	Између група	46,904	3	15,635	2,088	0,111
	Унутар група	441,790	59	7,488		
	Укупно	488,694	62			
Глина (<0,002 mm)	Између група	503,742	3	167,914	1,838	0,150
	Унутар група	5390,335	59	91,362		
	Укупно	5894,077	62			

Tukey HSD тест показао је да се статистички значајне разлике на нивоу 0,05 за хигроскопно воду јављају између доњих слојева истражених земљишта паркова и земљишта доњих слојева уз саобраћајна чворишта (Sig.=0,041) и између истражених доњих слојева земљишта уз саобраћајна чворишта и урбаних шума (Sig.=0,002) и на нивоу 0,01. Статистички значајне разлике за средње вредности фракције груби песак утврђене су између доњих слојева истражених земљишта паркова и индустријских комплекса/зона (Sig.=0,037; $p<0,05$), индустријских комплекса/зона и урбаних шума (Sig.=0,002; $p<0,01$) и оних уз саобраћајна чворишта и урбаних шума (Sig.=0,003; $p<0,01$). Статистички значајне разлике у процентуалном присуству фракције финог песка очекивано су измерене између доњих слојева истражених земљишта урбаних шума и индустријских комплекса/зона (Sig.=0,022; $p<0,05$) и доњих слојева земљишта урбаних шума и оних уз саобраћајна чворишта (Sig.=0,002; $p<0,01$). Значајне разлике за средње вредности фракција грубог праха измерене су само између доњих слојева истражених земљишта уз саобраћајна чворишта и урбаних шума (Sig.=0,000; $p<0,01$), док су средње вредности за фракцију фини прах 1 значајне разлике измерене између доњих слојева истражених земљишта паркова и оних уз саобраћајна чворишта (Sig.=0,005; $p<0,01$), паркова и урбаних шума (Sig.=0,010; $p<0,05$), индустријских комплекса/зона и урбаних шума (Sig.=0,000; $p<0,01$), уз саобраћајна чворишта и урбаних шума (Sig.=0,000; $p<0,01$) (Табела 135).

Табела 135. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја различитог типа коришћења земљишта на физичке карактеристике доњих слојева (10-40 cm) земљишта

ФКЗ	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
Хигроскопно вода	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	0,55353	0,42984	0,574	-0,5829	1,6899
		Саобраћајна чворишта	0,68978*	0,25357	0,041	0,0194	1,3602
		Урбане шуме	-0,52869	0,34829	0,433	-1,4495	0,3921
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-0,55353	0,42984	0,574	-1,6899	0,5829
		Саобраћајна чворишта	0,13625	0,40630	0,987	-0,9379	1,2104
		Урбане шуме	-1,08222	0,47126	0,110	-2,3281	0,1637
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-0,68978*	0,25357	0,041	-1,3602	-0,0194
		Индустријски комплекси/зоне	-0,13625	0,40630	0,987	-1,2104	0,9379
		Урбане шуме	-1,21847*	0,31878	0,002	-2,0613	-0,3757
	Урбане шуме	Паркови	0,52869	0,34829	0,433	-0,3921	1,4495
		Индустријски комплекси/зоне	1,08222	0,47126	0,110	-0,1637	2,3281
		Саобраћајна чворишта	1,21847*	0,31878	0,002	0,3757	2,0613

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

ФКЗ	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости		
						Доња граница	Горња граница	
Груби песак (2,0-0,2mm)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-7,69059*	2,77769	0,037	-15,0342	-0,3469	
		Саобраћајна чворишта	-3,82059	1,63863	0,102	-8,1528	0,5116	
		Урбане шуме	3,66275	2,25073	0,371	-2,2877	9,6132	
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	7,69059*	2,77769	0,037	0,3469	15,0342	
		Саобраћајна чворишта	3,87000	2,62557	0,459	-3,0715	10,8115	
		Урбане шуме	11,35333*	3,04537	0,002	3,3020	19,4047	
	Саобраћајна чворишта	Паркови	3,82059	1,63863	0,102	-0,5116	8,1528	
		Индустријски комплекси/зоне	-3,87000	2,62557	0,459	-10,8115	3,0715	
		Урбане шуме	7,48333*	2,06005	0,003	2,0370	12,9297	
	Урбане шуме	Паркови	-3,66275	2,25073	0,371	-9,6132	2,2877	
		Индустријски комплекси/зоне	-11,35333*	3,04537	0,002	-19,4047	-3,3020	
		Саобраћајна чворишта	-7,48333*	2,06005	0,003	-12,9297	-2,0370	
	Фини песак (0,2-0,06mm)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-9,11176	6,45596	0,497	-26,1800	7,9565
			Саобраћајна чворишта	-6,31489	3,80853	0,355	-16,3839	3,7541
			Урбане шуме	11,84379	5,23118	0,118	-1,9864	25,6740
Индустријски комплекси/зоне		Паркови	9,11176	6,45596	0,497	-7,9565	26,1800	
		Саобраћајна чворишта	2,79687	6,10239	0,968	-13,3366	18,9303	
		Урбане шуме	20,95556*	7,07810	0,022	2,2425	39,6686	
Саобраћајна чворишта		Паркови	6,31489	3,80853	0,355	-3,7541	16,3839	
		Индустријски комплекси/зоне	-2,79687	6,10239	0,968	-18,9303	13,3366	
		Урбане шуме	18,15868*	4,78800	0,002	5,5002	30,8172	
Урбане шуме		Паркови	-11,84379	5,23118	0,118	-25,6740	1,9864	
		Индустријски комплекси/зоне	-20,95556*	7,07810	0,022	-39,6686	-2,2425	
		Саобраћајна чворишта	-18,15868*	4,78800	0,002	-30,8172	-5,5002	
Груби прах (0,06-0,02mm)		Паркови	Индустријски комплекси/зоне	2,00706	2,40305	0,837	-4,3461	8,3602
			Саобраћајна чворишта	3,21768	1,41762	0,117	-0,5302	6,9656
			Урбане шуме	-4,63072	1,94716	0,093	-9,7786	0,5172
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-2,00706	2,40305	0,837	-8,3602	4,3461	
		Саобраћајна чворишта	1,21063	2,27144	0,951	-4,7946	7,2158	
		Урбане шуме	-6,63778	2,63462	0,067	-13,6032	0,3276	
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-3,21768	1,41762	0,117	-6,9656	0,5302	
		Индустријски комплекси/зоне	-1,21063	2,27144	0,951	-7,2158	4,7946	
		Урбане шуме	-7,84840*	1,78220	0,000	-12,5602	-3,1366	
	Урбане шуме	Паркови	4,63072	1,94716	0,093	-0,5172	9,7786	
		Индустријски комплекси/зоне	6,63778	2,63462	0,067	-0,3276	13,6032	
		Саобраћајна чворишта	7,84840*	1,78220	0,000	3,1366	12,5602	
	Фини прах 1 (0,02-0,006mm)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	4,71176	2,23701	0,163	-1,2024	10,6260
			Саобраћајна чворишта	4,57551*	1,31967	0,005	1,0866	8,0644
			Урбане шуме	-5,88824*	1,81262	0,010	-10,6804	-1,0960
Индустријски комплекси/зоне		Паркови	-4,71176	2,23701	0,163	-10,6260	1,2024	
		Саобраћајна чворишта	-0,13625	2,11450	1,000	-5,7266	5,4541	
		Урбане шуме	-10,60000*	2,45259	0,000	-17,0841	-4,1159	
Саобраћајна чворишта		Паркови	-4,57551*	1,31967	0,005	-8,0644	-1,0866	
		Индустријски комплекси/зоне	0,13625	2,11450	1,000	-5,4541	5,7266	
		Урбане шуме	-10,46375*	1,65906	0,000	-14,8500	-6,0775	
Урбане шуме		Паркови	5,88824*	1,81262	0,010	1,0960	10,6804	
		Индустријски комплекси/зоне	10,60000*	2,45259	0,000	4,1159	17,0841	
		Саобраћајна чворишта	10,46375*	1,65906	0,000	6,0775	14,8500	

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

За разлику од површинских, у доњим слојевима истражених земљишта на основу резултата процентуалне расподеле текстурних класа (Табела 136) може се закључити да постоји значајна разлика у заступљености текстурних класа између доњих слојева истражених земљишта у односу на тип њиховог коришћења ($\chi^2=40,362$; $p=0,007$), а Крамеров коефицијент показује да је та веза средње јачине ($V=0,462$). Доњи слојеви истражених земљишта паркова показују да она доминирају у класама праховито глиновита иловача (29,4 %) и иловача (29,4 %), док доњи слојеви истражених земљишта индустријских комплекса/зона доминирају у текстурним класама песковита иловача (40 %) и иловача (40 %). Доњи слојеви истражених земљишта уз саобраћајна чворишта распоредила су се у свим текстурним класама, а доминирају у класи иловача (34,4 %), док значајан број припада и глиновитим иловачама (28,1 %) и песковитим иловачама (18,8 %). Доњи слојеви истражених земљишта урбаних шума доминирају у класи праховито глиновитим иловачама (66,7 %).

Табела 136. Процентуална расподела текстурних класа доњих слојева истражених земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења (%)

Тип коришћења земљишта	Песак	Песковита иловача	Праховита иловача	Праховито глиновита иловача	Праховита глина	Иловача	Глиновита иловача	Глина	Укупно
Паркови	0,0	5,9	11,8	29,4	0,0	29,4	23,5	0,0	100
Индустријски комплекси/зоне	0,0	40,0	0,0	20,0	0,0	40,0	0,0	0,0	100
Саобраћајна чворишта	3,1	18,8	3,1	3,1	0,0	34,4	28,1	9,3	100
Урбане шума	0,0	0,0	22,2	66,7	11,1	0,0	0,0	0,0	100
Укупно	1,6	14,3	7,9	20,6	1,6	28,6	20,6	4,8	100

Значајност Хи-квадрат теста за повезаност текстурне класе и тип коришћења земљишта у доњем слоју

	χ^2	df	p	Крамеров V
Доњи слој (10-40 cm)	40,362a	21	0.007	0.462

4.4.2. Варијабилност хемијских карактеристика истражених земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Варијабилности хемијских карактеристика истражених земљишта Београда (земљишта паркова, индустријских комплекса/зона, уз саобраћајна чворишта и урбаних шума) у односу на тип коришћења земљишта Београда (паркови, индустријски комплекси/зоне, уз саобраћајна чворишта и урбане шума) испитана је у површинским (0-10 cm) и доњим (10-40 cm) слојевима земљишта. Статистичке вредности средњих разлика испитиваних хемијских карактеристика површинских слојева (0-10 cm) земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења приказане су у Табели 137.

Највиша средња рН вредност у води измерена је у површинским слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта ($8,56\pm 0,28$), а нешто нижа у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($8,06\pm 0,15$) и паркова ($7,87\pm 0,31$), а најнижа у површинским слојевима земљишта урбаних шума ($6,24\pm 1,21$). Као и активна киселост, највиша средња вредност супституционе киселости измерена је у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта ($7,37\pm 0,19$), а нешто ниже у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона ($7,26\pm 0,16$) и паркова ($7,18\pm 0,28$), а најниже у површинским слојевима земљиштима урбаних шума ($6,46\pm 1,31$). Активна киселост кретала се у распону од 4,48 у површинским слојевима истражених земљишта урбаних шума до максималне вредности од 9,21 у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта. Такође, и супституциона киселост се кретала у широком распону и то од 3,69 у површинским слојевима земљиштима урбаних шума до 7,69 у површинским слојевима истражених земљишта уз саобраћајних чворишта. Присуство CaCO_3 не прати рН вредност, тако да је највиша средња вредност концентрација CaCO_3 измерена у површинским слојевима

земљишта паркова ($7,63 \pm 8,47$ %), а нешто нижа у површинским слојевима истражених земљишта уз саобраћајних чворишта ($6,28 \pm 4,27$ %) и индустријских комплекса/зона ($4,86 \pm 3,02$ %), а знатно нижа у површинским слојевима истражених земљиштима урбаних шума ($0,06 \pm 0,13$ %). У истраженим земљиштима паркова (26,41 %) и уз саобраћајна чворишта (18,10 %) измерене су и максималне концентрације CaCO_3 .

Варијација средње вредности хумуса је неочекивано мала у различитим типовима коришћења земљишта. Највиша средња вредност процентуалног присуства хумуса измерена је у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($4,37 \pm 1,99$ %), а даље у опадајућем низу у површинским слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта ($4,29 \pm 1,85$ %), урбане шуме ($4,14 \pm 1,11$ %) и паркова ($4,03 \pm 0,92$ %). Минимална средња вредност хумуса измерена је у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта од 0,98 %, али и максимална од 8,50 %. Средње вредности укупног С прате присуство хумуса и у опадајућем низу измерене су у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона ($2,53 \pm 1,54$ %), уз саобраћајних чворишта ($2,49 \pm 1,07$ %), урбане шуме ($2,40 \pm 0,65$ %) и у површинским слојевима истражених земљишта паркова ($2,34 \pm 0,53$ %). Као и хумус минимална (0,57 %) и максимална (4,93 %) вредност ТС измерена је у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта. Присуство ОС за разлику од укупног С измерена је у опадајућем низу: урбане шуме ($2,39 \pm 0,65$ %), индустријски комплекси/зоне ($1,95 \pm 1,18$ %), уз саобраћајна чворишта ($1,80 \pm 1,20$ %) и паркови ($1,49 \pm 0,98$ %). Највиша средња вредност TN измерена је у површинским слојевима земљишта паркова ($0,24 \pm 0,04$ %), а нешто нижа у површинским слојевима истражених земљишта урбаних шума ($0,21 \pm 0,03$ %), затим индустријских комплекса/зона ($0,17 \pm 0,07$ %) и најнижа у земљиштима површинских слојева уз саобраћајна чворишта ($0,17 \pm 0,07$ %). Минимална вредност TN измерена је у површинским слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта и она је била нижа од детекције апарата. Максимална вредност TN је измерена у површинским слојевима истражених земљишта паркова (0,31 %), док је најужи распон забележен у површинским слојевима земљишта урбаних шума, а кретао се од 0,16-0,27 %. Средње вредности односа C/N у опадајућем низу утврђене су на следећим типовима коришћења земљишта: уз саобраћајна чворишта ($12,95 \pm 5,62$), индустријски комплекси/зоне ($12,50 \pm 3,16$), урбане шуме ($11,37 \pm 2,48$) и паркови ($9,90 \pm 1,26$). Однос C/N показује да се у свим површинским слојевима истражених земљиштима одвија повољна минерализација и хумификација органске материје с обзиром да је вредност мања од 20. Међутим, максимална вредност од 25,0 измерена је у површинским слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта.

Очекивано, највиша средња вредност лако приступачног облика Р измерена је у површинским слојевима истражених земљишта паркова ($82,90 \pm 138,57$ mg/100g), затим оних уз саобраћајна чворишта ($36,19 \pm 46,55$ mg/100g), индустријских комплекса/зона ($22,98 \pm 21,49$ mg/100g) и на крају у земљиштима урбаних шума ($6,18 \pm 6,83$ mg/100g). Значајно је истаћи да је у земљиштима паркова измерен Р у распону од 0,52-558,74 mg/100g. Као и Р највиша средња вредност лако приступачног облика К измерена је у земљиштима паркова ($39,73 \pm 23,46$ mg/100g), затим у земљиштима саобраћајних чворишта ($26,53 \pm 15,28$ mg/100g), даље у индустријских комплекса/зона ($26,24 \pm 10,11$ mg/100g) и најнижа у земљиштима урбаних шума ($17,05 \pm 5,89$ mg/100g). Такође и максимална вредност која је измерена у земљиштима саобраћајних чворишта од 224,95 mg/100g је изузетно висока. Као и Р и максимална вредност К измерена је у земљиштима паркова (98,79 mg/100g), али и саобраћајних чворишта (68,44 mg/100g), где је уједно измерена и минимална вредност (4,62 mg/100g).

Табела 137. Статистичке вредности средњих разлика хемијских карактеристика површинских слојева (0-10 cm) земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

ХКЗ	Тип коришћења земљишта	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
pH _{нзо}	Паркови	17	7,8718	0,30558	0,07411	7,7147	8,0289	7,20	8,23
	Индустријски комплекси/зоне	5	8,0640	0,14673	0,06562	7,8818	8,2462	7,84	8,23
	Саобраћајна чворишта	32	8,5572	0,28038	0,04957	8,4561	8,6583	8,04	9,21
	Урбане шуме	9	6,2422	1,20917	0,40306	5,3128	7,1717	4,48	7,92
	Укупно	63	8,0024	0,93115	,11731	7,7679	8,2369	4,48	9,21
pH _{Са}	Паркови	17	7,1818	0,27630	0,06701	7,0397	7,3238	6,62	7,47
	Индустријски комплекси/зоне	5	7,2620	0,16468	0,07365	7,0575	7,4665	7,08	7,53
	Саобраћајна чворишта	32	7,3681	0,19266	0,03406	7,2987	7,4376	7,01	7,69
	Урбане шуме	9	5,4600	1,31307	0,43769	4,4507	6,4693	3,69	7,06
	Укупно	63	7,0368	0,83061	0,10465	6,8276	7,2460	3,69	7,69
CaCO ₃ (%)	Паркови	17	7,6294	8,46840	2,05389	3,2754	11,9835	0,00	26,41
	Индустријски комплекси/зоне	5	4,8580	3,02157	1,35129	1,1062	8,6098	1,25	8,36
	Саобраћајна чворишта	32	6,2831	4,26630	0,75418	4,7450	7,8213	1,31	18,10
	Урбане шуме	9	0,0633	0,12689	0,04230	-0,0342	0,1609	0,00	0,32
	Укупно	63	5,6448	5,83617	0,73529	4,1749	7,1146	0,00	26,41
Хумус (%)	Паркови	17	4,0283	0,92123	0,22343	3,5547	4,5020	2,67	5,80
	Индустријски комплекси/зоне	5	4,3659	1,98999	0,88995	1,8951	6,8368	2,07	7,37
	Саобраћајна чворишта	32	4,2884	1,84807	0,32670	3,6221	4,9547	0,98	8,50
	Урбане шуме	9	4,1354	1,11335	0,37112	3,2796	4,9912	2,58	5,70
	Укупно	63	4,2025	1,53527	0,19343	3,8159	4,5892	0,98	8,50
ТС (%)	Паркови	17	2,3363	,53406	0,12953	2,0617	2,6109	1,55	3,36
	Индустријски комплекси/зоне	5	2,5322	1,15419	0,51617	1,0991	3,9654	1,20	4,28
	Саобраћајна чворишта	32	2,4873	1,07188	0,18948	2,1008	2,8737	0,57	4,93
	Урбане шуме	9	2,3985	0,64574	0,21525	1,9022	2,8949	1,50	3,30
	Укупно	63	2,4374	0,89042	0,11218	2,2132	2,6617	0,57	4,93
ОС (%)	Паркови	17	1,4846	0,98150	0,23805	0,9800	1,9892	0,00	3,34
	Индустријски комплекси/зоне	5	1,9493	1,18014	0,52778	0,4839	3,4146	0,78	3,85
	Саобраћајна чворишта	32	1,7997	1,20053	0,21223	1,3669	2,2325	0,00	4,20
	Урбане шуме	9	2,3909	0,65013	0,21671	1,8912	2,8907	1,47	3,30
	Укупно	63	1,8110	1,09237	0,13763	1,5359	2,0861	0,00	4,20
ТN (%)	Паркови	17	0,2359	0,04431	0,01075	0,2131	0,2587	0,17	0,31
	Индустријски комплекси/зоне	5	0,1960	0,04980	0,02227	0,1342	0,2578	0,12	0,24
	Саобраћајна чворишта	32	0,1719	0,07490	0,01324	0,1449	0,1989	0,00	0,29
	Урбане шуме	9	0,2100	0,03354	0,01118	0,1842	0,2358	0,16	0,27
	Укупно	63	0,1965	0,06619	0,00834	0,1798	0,2132	0,00	0,31
C/N	Паркови	17	9,9035	1,26294	0,30631	9,2542	10,5529	8,65	13,32
	Индустријски комплекси/зоне	5	12,5039	3,16063	1,41348	8,5794	16,4283	9,99	17,82
	Саобраћајна чворишта	32	12,9487	5,61974	0,99344	10,9226	14,9749	0,00	25,00
	Урбане шуме	9	11,3749	2,48172	0,82724	9,4672	13,2825	9,35	17,39
	Укупно	63	11,8669	4,40118	0,55450	10,7584	12,9753	0,00	25,00
P (mg/100g)	Паркови	17	82,9029	138,56817	33,60772	11,6578	154,1481	0,52	558,74
	Индустријски комплекси/зоне	5	22,9820	21,48714	9,60934	-3,6978	49,6618	8,00	60,24
	Саобраћајна чворишта	32	36,1953	46,55255	8,22941	19,4113	52,9793	3,89	224,95
	Урбане шуме	9	6,1833	6,82511	2,27504	0,9371	11,4296	1,04	23,23
	Укупно	63	43,4629	82,24258	10,36159	22,7503	64,1754	0,52	558,74

ХКЗ – Хемијских карактеристике земљишта

ХКЗ	Тип коришћења земљишта	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
К (mg/100g)	Паркови	17	39,7272	23,46009	5,68991	27,6651	51,7893	19,24	98,79
	Индустријски комплекси/зоне	5	26,2449	10,10821	4,52053	13,6939	38,7959	12,03	36,22
	Саобраћајна чворишта	32	26,5327	15,28030	2,70120	21,0235	32,0418	4,62	68,44
	Урбане шуме	9	17,0501	5,88923	1,96308	12,5232	21,5770	10,71	26,98
	Укупно	63	28,7156	18,04984	2,27407	24,1698	33,2614	4,62	98,79

ХКЗ – Хемијских карактеристике земљишта

Применом теста хомогености варијансе (Табела 138.) утврђено је да она није потврђена код pH_{H_2O} (Sig.=0,000; $p<0,01$), pH_{Ca} (Sig.=0,000; $p<0,01$), $CaCO_3$ (Sig.=0,000; $p<0,01$), C/N (Sig.=0,026; $p<0,05$), и лако приступачних облика P (Sig.=0,005; $p<0,01$) и K (Sig.=0,012; $p<0,05$). Статистички значајне разлике средњих вредности различитих типова коришћења за ове хемијске карактеристике вредноваће се на основу вредности добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 139).

Табела 138. Статистичке вредности теста хомогености варијансе хемијских карактеристика површинских слојева (0-10 cm) земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Хемијске карактеристике земљишта	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
pH_{H_2O}	24,262	3	59	0,000
pH_{Ca}	39,673	3	59	0,000
$CaCO_3$ (%)	8,118	3	59	0,000
Хумус (%)	2,159	3	59	0,102
ТС (%)	2,161	3	59	0,102
ОС (%)	1,587	3	59	0,202
TN (%)	2,081	3	59	0,112
C/N	3,327	3	59	0,026
P (mg/100g)	4,671	3	59	0,005
K (mg/100g)	3,965	3	59	0,012

Табела 139. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности хемијских карактеристика површинских слојева (10-40 cm) истражених земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Хемијске карактеристике земљишта	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
pH_{H_2O}	30,041	3	16,730	0,000
pH_{Ca}	7,573	3	14,172	0,003
$CaCO_3$ (%)	28,625	3	14,534	0,000
Хумус (%)	0,156	3	14,386	0,924
ТС (%)	0,156	3	14,386	0,924
ОС (%)	2,573	3	15,322	0,092
TN (%)	4,453	3	16,041	0,019
C/N	3,894	3	13,803	0,033
P (mg/100g)	5,956	3	15,731	0,006
K (mg/100g)	6,097	3	16,767	0,005

a. асимптотска F дистрибуција.

Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) показује да постоје статистички значајне разлике у садржају TN (Sig.=0,010; $p<0,01$) (Табела 140). Хомогеност варијансе била је нарушена за средње вредности активне и супституционе киселости, присуства, $CaCO_3$, однос

C/N и лако приступачних облика P и K, тако да ће се статистички значајне разлике у садржају TN утврдити на основу резултата теста једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 139). Овај тест показује да постоје статистички значајне разлике средњих вредности следећих хемијских особина површинских слојева истражених земљишта: рН_{H2O} (*Sig.*=0,000; *p*<0,01), рН_{Ca} (*Sig.*=0,003; *p*<0,01), CaCO₃ (*Sig.*=0,000; *p*<0,01), C/N (*Sig.*=0,033; *p*<0,05), P (*Sig.*=0,006; *p*<0,01) и K (*Sig.*=0,005; *p*<0,01).

Табела 140. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлике средњих вредности хемијских карактеристика површинских слојева (0-10 cm) истражених земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

Хемијске карактеристике земљишта	Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.	
рН _{H2O}	Између група	38,042	3	12,681	47,612	0,000
	Унутар група	15,714	59	0,266		
	Укупно	53,756	62			
рН _{Ca}	Између група	26,500	3	8,833	32,025	0,000
	Унутар група	16,274	59	0,276		
	Укупно	42,774	62			
СаСО ₃ (%)	Између група	363,467	3	121,156	4,089	0,011
	Унутар група	1748,309	59	29,632		
	Укупно	2111,776	62			
Хумус (%)	Између група	0,926	3	0,309	0,125	0,945
	Унутар група	145,212	59	2,461		
	Укупно	146,138	62			
ТС (%)	Између група	0,312	3	0,104	0,126	0,945
	Унутар група	48,845	59	0,828		
	Укупно	49,157	62			
ОС (%)	Између група	4,938	3	1,646	1,406	0,250
	Унутар група	69,045	59	1,170		
	Укупно	73,983	62			
ТN (%)	Између група	0,047	3	0,016	4,159	0,010
	Унутар група	0,224	59	0,004		
	Укупно	0,272	62			
C/N	Између група	107,190	3	35,730	1,927	0,135
	Унутар група	1093,774	59	18,539		
	Укупно	1200,964	62			
P (mg/100g)	Између група	42739,188	3	14246,396	2,232	0,094
	Унутар група	376618,996	59	6383,373		
	Укупно	419358,184	62			
K (mg/100g)	Између група	3469,103	3	1156,368	4,078	0,011
	Унутар група	16730,296	59	283,564		
	Укупно	20199,399	62			

Tukey HSD тест за рН_{H2O} показао је да се статистички значајне разлике на нивоу 0,01 јављају између површинских слојева истражених земљишта паркова и оних уз саобраћајна чворишта (*Sig.*=0,000). Такође површински слојеви земљишта урбаних шума за рН_{H2O} значајно се разлику у од површинских слојева земљишта паркова (*Sig.*=0,000), индустријских комплекса/зона (*Sig.*=0,001) и уз саобраћајна чворишта (*Sig.*=0,000) (Табела 141).

Статистички значајне разлике у погледу рН_{Ca} утврђене су такође између површинских слојева истражених земљишта урбаних шума и осталих испитиваних типова коришћења земљишта, на нивоу 0,01. *Tukey HSD* тест је показао да се статистички значајне разлике у

погледу процентуалног присуства CaCO₃ јављају у површинским слојевима земљишта паркова и урбаних шума на нивоу 0,01 а (*Sig.*=0,007), а у површинским слојевима истражених земљишта уз саобраћајних чворишта и урбаних шума на нивоу 0,05 (*Sig.*=0,019). На нивоу 0,01 статистички значајне разлике процентуалног присуства TN утврђене су само између површинских слојева истражених земљишта паркова и оних уз саобраћајна чворишта (*Sig.*=0,005). Глобални ефекат за однос C/N различитих типова коришћења земљишта овде постоји. Међутим, ове разлике су мале, тако да *Tukey HSD* тест не успева да покаже значајност између различитих типова коришћења земљишта. На основу разлика средњих вредности може се закључити да значајне разлике постоје и да су оне највеће између површинских слојева истражених земљишта паркова и површинских слојева земљишта уз саобраћајна чворишта, где је измерена највећа разлика аритметичких средина (I-J 3,04518). Као за C/N и за P на основу разлике аритметичких средина, може се закључити да се највеће разлике јављају између површинских слојева истражених земљишта паркова и површинских слојева земљишта урбаних шума (I-J 76,71961). За разлику од P *Tukey HSD* тест показује да статистички значајне разлике постоје између површинских слојева истражених земљишта паркова и површинских слојева земљишта урбаних шума (*Sig.*=0,010) на нивоу 0,05 (Табела 141).

Табела 141. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја различитих типова коришћења земљишта Београда на хемијске карактеристике површинских слојева (0-10 cm) земљишта

Тешки метали	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
pH _{н2о}	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-0,19224	0,26255	0,884	-0,8864	0,5019
		Саобраћајна чворишта	-0,68542*	0,15489	0,000	-1,0949	-0,2759
		Урбане шуме	1,62954*	0,21274	0,000	1,0671	2,1920
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	0,19224	0,26255	0,884	-0,5019	0,8864
		Саобраћајна чворишта	-0,49319	0,24817	0,204	-1,1493	0,1629
		Урбане шуме	1,82178*	0,28786	0,000	1,0607	2,5828
	Саобраћајна чворишта	Паркови	,68542*	0,15489	0,000	0,2759	1,0949
		Индустријски комплекси/зоне	0,49319	0,24817	0,204	-0,1629	1,1493
		Урбане шуме	2,31497*	0,19472	0,000	1,8002	2,8298
	Урбане шуме	Паркови	-1,62954*	0,21274	0,000	-2,1920	-1,0671
		Индустријски комплекси/зоне	-1,82178*	0,28786	0,000	-2,5828	-1,0607
		Саобраћајна чворишта	-2,31497*	0,19472	0,000	-2,8298	-1,8002
pH _{са}	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-0,08024	0,26719	0,990	-0,7866	0,6262
		Саобраћајна чворишта	-0,18636	0,15762	0,640	-0,6031	0,2304
		Урбане шуме	1,72176*	0,21650	0,000	1,1494	2,2941
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	0,08024	0,26719	0,990	-0,6262	0,7866
		Саобраћајна чворишта	-0,10613	0,25256	0,975	-0,7738	0,5616
		Урбане шуме	1,80200*	0,29294	0,000	1,0275	2,5765
	Саобраћајна чворишта	Паркови	0,18636	0,15762	0,640	-0,2304	0,6031
		Индустријски комплекси/зоне	0,10613	0,25256	0,975	-0,5616	0,7738
		Урбане шуме	1,90813*	0,19816	0,000	1,3842	2,4320
	Урбане шуме	Паркови	-1,72176*	0,21650	0,000	-2,2941	-1,1494
		Индустријски комплекси/зоне	-1,80200*	0,29294	0,000	-2,5765	-1,0275
		Саобраћајна чворишта	-1,90813*	0,19816	0,000	-2,4320	-1,3842

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

Тешки метали	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
CaCO ₃ (%)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	2,77141	2,76940	0,750	-4,5503	10,0931
		Саобраћајна чворишта	1,34629	1,63374	0,843	-2,9730	5,6655
		Урбане шуме	7,56608*	2,24401	0,007	1,6334	13,4988
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-2,77141	2,76940	0,750	-10,0931	4,5503
		Саобраћајна чворишта	-1,42513	2,61772	0,948	-8,3458	5,4956
		Урбане шуме	4,79467	3,03627	0,398	-3,2326	12,8219
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-1,34629	1,63374	0,843	-5,6655	2,9730
		Индустријски комплекси/зоне	1,42513	2,61772	0,948	-5,4956	8,3458
		Урбане шуме	6,21979*	2,05390	0,019	0,7897	11,6499
	Урбане шуме	Паркови	-7,56608*	2,24401	0,007	-13,4988	-1,6334
		Индустријски комплекси/зоне	-4,79467	3,03627	0,398	-12,8219	3,2326
		Саобраћајна чворишта	-6,21979*	2,05390	0,019	-11,6499	-0,7897
TN (%)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	0,03988	0,03136	0,584	-0,0430	0,1228
		Саобраћајна чворишта	0,06401*	0,01850	0,005	0,0151	0,1129
		Урбане шуме	0,02588	0,02541	0,739	-0,0413	0,0931
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-0,03988	0,03136	0,584	-0,1228	0,0430
		Саобраћајна чворишта	0,02412	0,02964	0,848	-0,0543	0,1025
		Урбане шуме	-0,01400	0,03438	0,977	-0,1049	0,0769
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-0,06401*	0,01850	0,005	-0,1129	-0,0151
		Индустријски комплекси/зоне	-0,02412	0,02964	0,848	-0,1025	0,0543
		Урбане шуме	-0,03812	0,02326	0,365	-0,0996	0,0234
	Урбане шуме	Паркови	-0,02588	0,02541	0,739	-0,0931	0,0413
		Индустријски комплекси/зоне	0,01400	0,03438	0,977	-0,0769	0,1049
		Саобраћајна чворишта	0,03812	0,02326	0,365	-0,0234	0,0996
C/N	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-2,60030	2,19048	0,637	-8,3915	3,1909
		Саобраћајна чворишта	-3,04518	1,29222	0,097	-6,4615	0,3712
		Урбане шуме	-1,47130	1,77492	0,841	-6,1638	3,2212
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	2,60030	2,19048	0,637	-3,1909	8,3915
		Саобраћајна чворишта	-0,44488	2,07052	0,996	-5,9189	5,0291
		Урбане шуме	1,12900	2,40157	0,965	-5,2203	7,4783
	Саобраћајна чворишта	Паркови	3,04518	1,29222	0,097	-,3712	6,4615
		Индустријски комплекси/зоне	0,44488	2,07052	0,996	-5,0291	5,9189
		Урбане шуме	1,57388	1,62455	0,768	-2,7211	5,8689
	Урбане шуме	Паркови	1,47130	1,77492	0,841	-3,2212	6,1638
		Индустријски комплекси/зоне	-1,12900	2,40157	0,965	-7,4783	5,2203
		Саобраћајна чворишта	-1,57388	1,62455	0,768	-5,8689	2,7211
P (mg/100g)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	59,92094	40,64686	0,459	-47,5409	167,3828
		Саобраћајна чворишта	46,70763	23,97859	0,220	-16,6868	110,1021
		Урбане шуме	76,71961	32,93564	0,103	-10,3554	163,7946
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-59,92094	40,64686	0,459	-167,3828	47,5409
		Саобраћајна чворишта	-13,21331	38,42076	0,986	-114,7899	88,3632
		Урбане шуме	16,79867	44,56387	0,982	-101,0190	134,6163
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-46,70763	23,97859	0,220	-110,1021	16,6868
		Индустријски комплекси/зоне	13,21331	38,42076	0,986	-88,3632	114,7899
		Урбане шуме	30,01198	30,14538	0,752	-49,6862	109,7101
	Урбане шуме	Паркови	-76,71961	32,93564	0,103	-163,7946	10,3554
		Индустријски комплекси/зоне	-16,79867	44,56387	0,982	-134,6163	101,0190
		Саобраћајна чворишта	-30,01198	30,14538	0,752	-109,7101	49,6862

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

Тешки метали	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
К (mg/100g)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	13,48226	8,56698	0,401	-9,1671	36,1316
		Саобраћајна чворишта	13,19453	5,05387	0,054	-0,1669	26,5559
		Урбане шуме	22,67710*	6,94171	0,010	4,3246	41,0296
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-13,48226	8,56698	0,401	-36,1316	9,1671
		Саобраћајна чворишта	-0,28773	8,09779	1,000	-21,6966	21,1212
		Урбане шуме	9,19484	9,39255	0,762	-15,6371	34,0268
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-13,19453	5,05387	0,054	-26,5559	0,1669
		Индустријски комплекси/зоне	0,28773	8,09779	1,000	-21,1212	21,6966
		Урбане шуме	9,48257	6,35362	0,448	-7,3151	26,2802
	Урбане шуме	Паркови	-22,67710*	6,94171	0,010	-41,0296	-4,3246
		Индустријски комплекси/зоне	-9,19484	9,39255	0,762	-34,0268	15,6371
		Саобраћајна чворишта	-9,48257	6,35362	0,448	-26,2802	7,3151

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

Статистички параметри средњих разлика вредности истражених хемијских карактеристика **доњих слојева** (10-40 cm) земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења приказани су у Табели 142.

Средње вредности активне киселости у доњим слојевима истражених земљишта прати рН вредности површинских слојева истражених земљишта, тако да је њена највиша средња вредност измерена у доњим слојевима земљишта уз саобраћајних чворишта ($8,60 \pm 0,31$), затим индустријских комплекса/зона ($8,10 \pm 0,08$), даље паркова ($7,97 \pm 0,45$), а најнижа у доњим слојевима земљишта урбаних шума ($6,35 \pm 1,23$). Такође, средње рН_{Са} вредности у доњим слојевима истражених земљишта прате средње рН_{Са} вредности површинских тако да је највиша средња рН_{Са} вредности измерена у доњим слојевима земљишта уз саобраћајних чворишта ($7,43 \pm 0,20$), нешто нижа у доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($7,26 \pm 0,09$), паркова ($7,16 \pm 0,48$), а најнижа у доњим слојевима земљишта урбаних шума ($5,38 \pm 1,15$).

Средње вредности СаСО₃ у доњим слојевима истражених земљишта такође прате његове средње вредности у површинским слојевима, тако да је највиша измерена средња вредност СаСО₃ у доњим слојевима истражених земљишта паркова ($9,73 \pm 10,78$ %), нешто нижа у доњим слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта ($7,44 \pm 5,27$ %), индустријских комплекса/зона ($5,52 \pm 3,61$ %), а најнижа у доњим слојевима земљишта урбаних шума ($0,06 \pm 0,09$ %). Присуство СаСО₃ у истраженим земљиштима паркова, уз саобраћајна чворишта и индустријских комплекса/зона расте са његовом дубином, за разлику од земљишта урбаних шума где се концентрација СаСО₃ смањује са дубином земљишта. Такође, утврђено је да је максимална вредност СаСО₃ у доњим слојевима земљишта паркова износила 34,89 %, док је та вредност у земљиштима урбаних шума износила 0,25 %.

Највиша средња вредност хумуса у доњим слојевима истражених земљишта, као и у површинским, измерена је у земљиштима индустријских комплекса/зона ($3,88 \pm 2,00$ %), а нешто нижа измерена је у доњим слојевима земљишта урбаних шума ($2,83 \pm 0,97$ %) и паркова ($2,70 \pm 0,54$ %), а најмања у доњим слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта ($2,70 \pm 0,95$ %). За разлику од површинских слојева, највиша средња вредности ТС измерена је у доњим слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона ($2,25 \pm 1,28$ %), нешто нижа урбаних шума ($1,64 \pm 0,56$ %), док су готово једнаке средње вредности ТС измерене у доњим слојевима земљиштима паркова ($1,57 \pm 0,31$ %) и уз саобраћајна чворишта ($1,56 \pm 0,55$ %). Присуство ОС у доњим слојевима истражених земљишта у истоветном је опадајућем низу као и његове вредности у површинским слојевима земљишта: урбаних шума ($1,63 \pm 0,56$ %), индустријских комплекса/зона ($1,59 \pm 1,21$ %), уз саобраћајна чворишта ($0,83 \pm 0,68$ %) и паркова

(0,76±0,66 %). У доњим слојевима истражених земљишта паркова (0,15±0,05 %), индустријских комплекса/зона (0,15±0,04 %) и урбаних шума (0,15±0,04 %) измерене су готово једнаке средње вредности TN, док је најнижа средња вредност TN измерена у доњим слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта (0,1±0,06 %). Средње вредности односа C/N у опадајућем низу забележене су у доњим слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона (13,79±4,48), уз саобраћајна чворишта (13,24±7,55), урбаних шума (10,63±2,13) и паркова (9,36±2,83).

Средња вредност лако приступачног облика P у доњим слојевима истражених земљишта прати његове вредности из површинских слојева, тако да је она највиша у доњим слојевима истражених земљишта паркова (89,82±168,46 mg/100g), затим знатно нижа у доњим слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта (28,19±47,94 mg/100g), индустријских комплекса/зона (14,21±8,97 mg/100g), а најнижа у доњим слојевима земљишта урбаних шума (3,44±4,20 mg/100g). Средња вредност присуства P у доњим слојевима земљишта паркова расте са његовом дубином и виша је у доњим за 6,92 mg/100g него у површинским слојевима. Код осталих испитиваних типова коришћења земљишта присуство P опада са његовом дубином. Такође, значајно је истаћи да је максимална вредност P измерена и у доњим слојевима истражених земљишта паркова и то са вредношћу 658,10 mg/100g. Ова вредност заједно са максималном вредности концентрације P у доњим слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта (245,72 mg/100g) више су од максималне измерене вредности концентрација P у површинским слојевима истражених земљишта. Као и у површинским слојевима истражених земљишта, највиша средња вредност лако приступачног облика K измерена је у доњим слојевима истражених земљишта паркова (34,24±29,64 mg/100g). За разлику од површинских слојева земљишта индустријских комплекса/зона и уз саобраћајних чворишта где су измерене готово једнаке средње концентрација K (26,24±10,11 mg/100g, односно 26,53±15,28 mg/100g) у доњим слојевима земљишта измерене су веће разлике и то у доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона (20,39±5,52 mg/100g) и саобраћајних чворишта (17,87±9,32 mg/100g). За разлику од средњих вредности концентрација P средње вредности концентрација K по правилу опадају са дубином земљишта на свим испитиваним типовима њиховог коришћења. Као и за максималне вредности концентрација P и максимална вредност концентрације K у доњим слојевима истражених земљишта паркова (129,08 mg/100g) виша је него у површинским. У доњим слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта такође је измерена значајна максимална вредност концентрације K (46,21 mg/100g), међутим ова вредност концентрације није виша у односу на ону у површинским слојевима.

Табела 142. Статистичке вредности за средње разлике хемијских карактеристика доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења

ХКЗ	Тип коришћења земљишта	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
pH _{нд0}	Паркови	17	7,9688	0,45209	0,10965	7,7364	8,2013	6,88	8,73
	Индустријски комплекси/зоне	5	8,1040	0,08414	0,03763	7,9995	8,2085	7,96	8,18
	Саобраћајна чворишта	32	8,5959	0,31306	0,05534	8,4831	8,7088	8,14	9,38
	Урбане шуме	9	6,3489	1,22891	0,40964	5,4043	7,2935	4,66	7,99
	Укупно	63	8,0667	0,93420	0,11770	7,8314	8,3019	4,66	9,38
pH _{сa}	Паркови	17	7,1606	0,48370	0,11732	6,9119	7,4093	5,86	7,55
	Индустријски комплекси/зоне	5	7,2560	0,08591	0,03842	7,1493	7,3627	7,15	7,39
	Саобраћајна чворишта	32	7,4334	0,19610	0,03467	7,3627	7,5041	7,01	7,79
	Урбане шуме	9	5,3822	1,15007	0,38336	4,4982	6,2662	3,89	6,91
	Укупно	63	7,0527	0,85858	0,10817	6,8365	7,2689	3,89	7,79

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

ХКЗ	Тип коришћења земљишта	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
СаСО ₃ (%)	Паркови	17	9,7300	10,77561	2,61347	4,1897	15,2703	0,00	34,89
	Индустријски комплекси/зоне	5	5,5200	3,61207	1,61537	1,0350	10,0050	2,52	9,57
	Саобраћајна чворишта	32	7,4434	5,27157	0,93189	5,5428	9,3440	1,69	22,78
	Урбане шуме	9	0,0556	0,09356	0,03119	-0,0164	0,1275	0,00	0,25
	Укупно	63	6,8524	7,34863	0,92584	5,0017	8,7031	0,00	34,89
Хумус (%)	Паркови	17	2,7033	0,53504	0,12977	2,4283	2,9784	1,62	3,34
	Индустријски комплекси/зоне	5	3,8821	2,20412	0,98571	1,1454	6,6189	2,24	6,74
	Саобраћајна чворишта	32	2,6921	0,95427	0,16869	2,3480	3,0361	0,53	4,47
	Урбане шуме	9	2,8303	0,96618	0,32206	2,0876	3,5729	1,76	4,54
	Укупно	63	2,8093	1,03254	0,13009	2,5493	3,0693	0,53	6,74
ТС (%)	Паркови	17	1,5678	0,31042	0,07529	1,4082	1,7274	0,94	1,94
	Индустријски комплекси/зоне	5	2,2516	1,27839	0,57171	0,6643	3,8390	1,30	3,91
	Саобраћајна чворишта	32	1,5614	0,55348	0,09784	1,3618	1,7609	0,31	2,59
	Урбане шуме	9	1,6415	0,56039	0,18680	1,2108	2,0723	1,02	2,63
	Укупно	63	1,6294	0,59889	0,07545	1,4785	1,7802	0,31	3,91
ОС (%)	Паркови	17	0,7641	0,65932	0,15991	0,4251	1,1031	0,00	1,86
	Индустријски комплекси/зоне	5	1,5892	1,20773	0,54011	0,0896	3,0888	0,23	2,97
	Саобраћајна чворишта	32	0,8295	0,67765	0,11979	0,5852	1,0738	0,00	2,00
	Урбане шуме	9	1,6349	0,56149	0,18716	1,2033	2,0665	1,02	2,63
	Укупно	63	0,9872	0,77018	0,09703	0,7932	1,1812	0,00	2,97
ТN (%)	Паркови	17	0,1535	0,04690	0,01137	0,1294	0,1776	0,00	0,21
	Индустријски комплекси/зоне	5	0,1540	0,03975	0,01778	0,1046	0,2034	0,12	0,21
	Саобраћајна чворишта	32	0,1003	0,05750	0,01016	0,0796	0,1210	0,00	0,20
	Урбане шуме	9	0,1544	0,03972	0,01324	0,1239	0,1850	0,11	0,22
	Укупно	63	0,1267	0,05705	0,00719	0,1123	0,1410	0,00	0,22
C/N	Паркови	17	9,3631	2,83438	0,68744	7,9058	10,8204	0,00	12,87
	Индустријски комплекси/зоне	5	13,7853	4,48322	2,00496	8,2187	19,3520	9,54	18,68
	Саобраћајна чворишта	32	13,2444	7,55437	1,33544	10,5208	15,9681	0,00	29,93
	Урбане шуме	9	10,6265	2,12849	0,70950	8,9904	12,2626	6,56	13,85
	Укупно	63	11,8660	5,97555	0,75285	10,3611	13,3709	0,00	29,93
P (mg/100g)	Паркови	17	89,8182	168,46058	40,85769	3,2038	176,4327	0,00	658,10
	Индустријски комплекси/зоне	5	14,2100	8,97267	4,01270	3,0690	25,3510	7,24	29,94
	Саобраћајна чворишта	32	28,1925	47,93907	8,47451	10,9086	45,4764	1,97	245,72
	Урбане шуме	9	3,4378	4,19739	1,39913	0,2114	6,6642	0,97	14,37
	Укупно	63	40,1756	97,36670	12,26705	15,6541	64,6970	0,00	658,10
K (mg/100g)	Паркови	17	34,2368	29,64307	7,18950	18,9957	49,4778	15,50	129,08
	Индустријски комплекси/зоне	5	20,3851	5,52008	2,46865	13,5311	27,2392	11,15	25,66
	Саобраћајна чворишта	32	17,8689	9,32494	1,64843	14,5069	21,2309	1,51	46,21
	Урбане шуме	9	14,8819	3,13455	1,04485	12,4724	17,2913	10,71	20,82
	Укупно	63	22,0586	18,19073	2,29182	17,4773	26,6399	1,51	129,08

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

На основу теста хомогености варијансе утврђено је да она није потврђена код свих хемијских карактеристика истражени доњих слојева земљишта у односу на различит тип њиховог коришћења изузев за TN (*Leven Statistic* 0,738, Sig.=0,533, $p < 0,05$) (Табела 143). Статистички значајне разлике средњих вредности различитих типова коришћења земљишта за остале истражене хемијске карактеристике вредноваће се на основу резултата добијених

тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 144).

Табела 143. Статистичке вредности теста хомогености варијансе хемијских карактеристика доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда у односу на различитих тип њиховог коришћења

Хемијске карактеристике земљишта	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
pH _{H2O}	18,776	3	59	0,000
pH _{Ca}	27,460	3	59	0,000
CaCO ₃ (%)	9,220	3	59	0,000
Хумус (%)	12,625	3	59	0,000
ТС (%)	12,623	3	59	0,000
ОС (%)	3,701	3	59	0,017
TN (%)	0,613	3	59	0,610
C/N	4,061	3	59	0,011
P (mg/100g)	6,756	3	59	0,001
K (mg/100g)	7,411	3	59	0,000

Табела 144. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности хемијских карактеристика доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Хемијске карактеристике земљишта	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
pH _{H2O}	25,671	3	21,951	0,000
pH _{Ca}	12,575	3	18,489	0,000
CaCO ₃ (%)	26,822	3	14,515	0,000
Хумус (%)	0,470	3	13,354	0,708
ТС (%)	0,470	3	13,354	0,708
ОС (%)	5,140	3	13,957	0,013
TN (%)	5,407	3	15,922	0,009
C/N	2,972	3	15,862	0,063
P (mg/100g)	5,648	3	16,939	0,007
K (mg/100g)	3,601	3	17,016	0,035

а. асимптотскау F дистрибуција.

Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) показује да постоје статистички значајне разлике за присуство TN између различитих типова коришћења земљишта на нивоу 0,01 (Sig.=0,002) (Табела 145). С обзиром да је хомогеност варијансе била нарушена за све остале хемијске карактеристике статистички значајне разлике вреднују се на основу теста једнакости аритметичке средине (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*). Овај тест показује да постоје статистички значајне разлике између различитих типова коришћења земљишта за средње вредности: pH_{H2O} (Sig.=0,000), pH_{Ca} (Sig.=0,000), CaCO₃ (Sig.=0,000) и P (Sig.=0,007) на нивоу 0,01, а за ОС (Sig.=0,013) и K (Sig.=0,035) на нивоу 0,05(Табела 144).

Табела 145. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлике средњих вредности хемијских карактеристика доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

Хемијске карактеристике земљишта		Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
pH _{H2O}	Између група	35,691	3	11,897	38,110	0,000
	Унутар група	18,418	59	0,312		
	Укупно	54,109	62			
pH _{Ca}	Између група	30,158	3	10,053	38,150	0,000
	Унутар група	15,546	59	0,263		
	Укупно	45,704	62			

Хемијске карактеристике земљишта	Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.	
СаСО ₃ (%)	Између група	576,599	3	192,200	4,091	0,010
	Унутар група	2771,551	59	46,975		
	Укупно	3348,150	62			
Хумус (%)	Између група	6,389	3	2,130	2,104	0,109
	Унутар група	59,711	59	1,012		
	Укупно	66,100	62			
ТС (%)	Између група	2,150	3	0,717	2,105	0,109
	Унутар група	20,088	59	0,340		
	Укупно	22,237	62			
ОС (%)	Између група	7,230	3	2,410	4,812	0,005
	Унутар група	29,547	59	0,501		
	Укупно	36,777	62			
ТН (%)	Између група	0,045	3	0,015	5,672	0,002
	Унутар група	0,157	59	0,003		
	Укупно	0,202	62			
С/Н	Између група	199,546	3	66,515	1,948	0,132
	Унутар група	2014,302	59	34,141		
	Укупно	2213,848	62			
Р (mg/100g)	Између група	62007,751	3	20669,250	2,319	0,085
	Унутар група	525769,244	59	8911,343		
	Укупно	587776,995	62			
К (mg/100g)	Између група	3560,509	3	1186,836	4,130	0,010
	Унутар група	16955,456	59	287,381		
	Укупно	20515,965	62			

Применом *Tukey HSD* теста закључује се да статистички значајне разлике на нивоу 0,01 за средње вредности рН_{Н2О} постоје између доњих слојева истражених земљишта: паркова и уз саобраћајна чворишта (Sig.=0,002), паркова и урбаних шума (Sig.=0,000), индустријских комплекса/зона и урбаних шума (Sig.=0,000) и уз саобраћајна чворишта и урбаних шума (Sig.=0,000). Статистички значајне разлике у погледу средњих вредности рН_{Са} су утврђене између доњих слојева истражених земљишта урбаних шума и свих осталих истражених типова њиховог коришћења, на нивоу 0,01, где је Sig. 0,000. У погледу присуства средњих вредности концентрација СаСО₃ значајне разлике измерене су између доњих слојева истражених земљишта паркова и урбаних шума (Sig.=0,006) на нивоу 0,01 и уз саобраћајна чворишта и урбаних шума (Sig.=0,029) на нивоу 0,05. Статистички значајне разлике за процентуално присуство ОС утврђене су између доњих слојева истражених земљишта паркова и урбаних шума (Sig.=0,021) и уз саобраћајна чворишта и урбаних шума (Sig.=0,019). Значајне разлике су за ТН утврђене и између доњих слојева истражених земљишта паркова и уз саобраћајна чворишта (Sig.=0,006) на нивоу 0,01 и уз саобраћајна чворишта и урбаних шума (Sig.=0,035) на нивоу 0,05. Статистички значајне разлике за средње вредности лако приступачног облика К утврђене су између доњих слојева истражених земљишта паркова и уз саобраћајна чворишта (Sig.=0,011; p<0,05) и паркова и урбаних шума (Sig.=0,037; p<0,05) (Табела 146). Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) и тест једнакости аритметичке средине (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) су показали да постоје статистички значајне разлике у погледу присуства лако приступачног облика Р у доњим слојевима истражених земљишта. На основу овога може се закључити да глобални ефекат постоји, међутим те разлике су исувише мале тако да значајност између различитих типова коришћења земљишта *Tukey HSD* тест не успева да покаже. На основу разлике средњих вредности аритметичких средина може се закључити да су највише значајне разлике присутне између доњих слојева истражених

земљишта паркова и урбаних шума где је измерена и највећа разлика аритметичких средина 86,38046 (I-J) и паркова и индустријских комплекса/зона, где ова вредности износи 75,60824 (I-J) (Табела 146).

Табела 146. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја различитих типова коришћења земљишта на хемијске карактеристике доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда

ХКЗ	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
pH _{нзо}	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-0,13518	0,28425	0,964	-0,8867	0,6163
		Саобраћајна чворишта	-0,62711*	0,16769	0,002	-1,0704	-0,1838
		Урбане шуме	1,61993*	0,23032	0,000	1,0110	2,2289
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	0,13518	0,28425	0,964	-0,6163	0,8867
		Саобраћајна чворишта	-0,49194	0,26868	0,269	-1,2023	0,2184
		Урбане шуме	1,75511*	0,31164	0,000	0,9312	2,5790
	Саобраћајна чворишта	Паркови	0,62711*	0,16769	0,002	0,1838	1,0704
		Индустријски комплекси/зоне	0,49194	0,26868	0,269	-0,2184	1,2023
		Урбане шуме	2,24705*	0,21081	0,000	1,6897	2,8044
	Урбане шуме	Паркови	-1,61993*	0,23032	0,000	-2,2289	-1,0110
		Индустријски комплекси/зоне	-1,75511*	0,31164	0,000	-2,5790	-0,9312
		Саобраћајна чворишта	-2,24705*	0,21081	0,000	-2,8044	-1,6897
pH _{са}	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-0,09541	0,26115	0,983	-0,7858	0,5950
		Саобраћајна чворишта	-0,27285	0,15406	0,297	-0,6802	0,1345
		Урбане шуме	1,77837*	0,21161	0,000	1,2189	2,3378
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	0,09541	0,26115	0,983	-0,5950	0,7858
		Саобраћајна чворишта	-0,17744	0,24685	0,889	-0,8301	0,4752
		Урбане шуме	1,87378*	0,28632	0,000	1,1168	2,6307
	Саобраћајна чворишта	Паркови	0,27285	0,15406	0,297	-0,1345	0,6802
		Индустријски комплекси/зоне	0,17744	0,24685	0,889	-0,4752	0,8301
		Урбане шуме	2,05122*	0,19368	0,000	1,5392	2,5633
	Урбане шуме	Паркови	-1,77837*	0,21161	0,000	-2,3378	-1,2189
		Индустријски комплекси/зоне	-1,87378*	0,28632	0,000	-2,6307	-1,1168
		Саобраћајна чворишта	-2,05122*	0,19368	0,000	-2,5633	-1,5392
CaCO ₃ (%)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	4,21000	3,48688	0,625	-5,0086	13,4286
		Саобраћајна чворишта	2,28656	2,05700	0,684	-3,1517	7,7248
		Урбане шуме	9,67444*	2,82538	0,006	2,2047	17,1442
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-4,21000	3,48688	0,625	-13,4286	5,0086
		Саобраћајна чворишта	-1,92344	3,29592	0,937	-10,6372	6,7903
		Урбане шуме	5,46444	3,82290	0,486	-4,6425	15,5714
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-2,28656	2,05700	0,684	-7,7248	3,1517
		Индустријски комплекси/зоне	1,92344	3,29592	0,937	-6,7903	10,6372
		Урбане шуме	7,38788*	2,58602	0,029	0,5510	14,2248
	Урбане шуме	Паркови	-9,67444*	2,82538	0,006	-17,1442	-2,2047
		Индустријски комплекси/зоне	-5,46444	3,82290	0,486	-15,5714	4,6425
		Саобраћајна чворишта	-7,38788*	2,58602	0,029	-14,2248	-0,5510

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

ХКЗ	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
ОС (%)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-0,82516	0,36003	0,112	-1,7770	0,1267
		Саобраћајна чворишта	-0,06545	0,21239	0,990	-0,6270	0,4961
		Урбане шуме	-0,87081*	0,29172	0,021	-1,6421	-0,0995
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	0,82516	0,36003	0,112	-0,1267	1,7770
		Саобраћајна чворишта	0,75972	0,34031	0,126	-0,1400	1,6594
		Урбане шуме	-0,04564	0,39472	0,999	-1,0892	0,9979
	Саобраћајна чворишта	Паркови	0,06545	0,21239	0,990	-0,4961	0,6270
		Индустријски комплекси/зоне	-0,75972	0,34031	0,126	-1,6594	0,1400
		Урбане шуме	-0,80536*	0,26701	0,019	-1,5113	-0,0994
	Урбане шуме	Паркови	0,87081*	0,29172	0,021	0,0995	1,6421
		Индустријски комплекси/зоне	0,04564	0,39472	0,999	-0,9979	1,0892
		Саобраћајна чворишта	0,80536*	0,26701	0,019	0,0994	1,5113
N (%)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-0,00047	0,02621	1,000	-0,0698	0,0688
		Саобраћајна чворишта	0,05322*	0,01546	0,006	0,0123	0,0941
		Урбане шуме	-0,00092	0,02124	1,000	-0,0571	0,0552
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	0,00047	0,02621	1,000	-0,0688	0,0698
		Саобраћајна чворишта	0,05369	0,02478	0,145	-0,0118	0,1192
		Урбане шуме	-0,00044	0,02874	1,000	-0,0764	0,0755
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-0,05322*	0,01546	0,006	-0,0941	-0,0123
		Индустријски комплекси/зоне	-0,05369	0,02478	0,145	-0,1192	0,0118
		Урбане шуме	-0,05413*	0,01944	0,035	-0,1055	-0,0027
	Урбане шуме	Паркови	0,00092	0,02124	1,000	-0,0552	0,0571
		Индустријски комплекси/зоне	0,00044	0,02874	1,000	-0,0755	0,0764
		Саобраћајна чворишта	0,05413*	0,01944	0,035	0,0027	0,1055
P (mg/100g)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	75,60824	48,02567	0,401	-51,3617	202,5782
		Саобраћајна чворишта	61,62574	28,33154	0,142	-13,2770	136,5285
		Урбане шуме	86,38046	38,91460	0,130	-16,5017	189,2626
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-75,60824	48,02567	0,401	-202,5782	51,3617
		Саобраћајна чворишта	-13,98250	45,39546	0,990	-133,9987	106,0337
		Урбане шуме	10,77222	52,65375	0,997	-128,4334	149,9779
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-61,62574	28,33154	0,142	-136,5285	13,2770
		Индустријски комплекси/зоне	13,98250	45,39546	0,990	-106,0337	133,9987
		Урбане шуме	24,75472	35,61781	0,899	-69,4114	118,9209
	Урбане шуме	Паркови	-86,38046	38,91460	0,130	-189,2626	16,5017
		Индустријски комплекси/зоне	-10,77222	52,65375	0,997	-149,9779	128,4334
		Саобраћајна чворишта	-24,75472	35,61781	0,899	-118,9209	69,4114
K (mg/100g)	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	13,85163	8,62443	0,383	-8,9496	36,6528
		Саобраћајна чворишта	16,36790*	5,08777	0,011	2,9169	29,8189
		Урбане шуме	19,35491*	6,98827	0,037	0,8794	37,8304
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	-13,85163	8,62443	0,383	-36,6528	8,9496
		Саобраћајна чворишта	2,51627	8,15210	0,990	-19,0362	24,0687
		Урбане шуме	5,50328	9,45554	0,937	-19,4952	30,5018
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-16,36790*	5,08777	0,011	-29,8189	-2,9169
		Индустријски комплекси/зоне	-2,51627	8,15210	0,990	-24,0687	19,0362
		Урбане шуме	2,98700	6,39624	0,966	-13,9233	19,8973
	Урбане шуме	Паркови	-19,35491*	6,98827	0,037	-37,8304	-0,8794
		Индустријски комплекси/зоне	-5,50328	9,45554	0,937	-30,5018	19,4952
		Саобраћајна чворишта	-2,98700	6,39624	0,966	-19,8973	13,9233

ХКЗ – Хемијске карактеристике земљишта

4.4.3. Варијабилности концентрација тешких метала земљишта у односу на тип њиховог коришћења

Варијабилности средњих вредности концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраженим земљиштима Београда (земљишта паркова, индустријских комплекса/зона, уз саобраћајна чворишта и урбаних шума) у односу на тип њиховог коришћења (земљишта паркова, индустријских комплекса/зона, уз саобраћајна чворишта и урбаних шума) испитана је у површинским (0-10 cm) и доњим (10-40 cm) слојевима земљишта.

Статистичке вредности средњих разлика концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у површинским слојевима (0-10 cm) земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења приказане су у Табели 147.

Највише средње вредности концентрација Zn измерене су у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($168,91 \pm 81,13$ mg/kg) и саобраћајних чворишта ($166,13 \pm 105,32$ mg/kg). Ове вредности концентрација Zn више су од ГМВ (140 mg/kg) и његове референтне вредности ($68,14$ mg/kg). Средње вредности концентрације Zn које су измерене у површинским слојевима земљиштима паркова ($87,07 \pm 24,99$ mg/kg) и урбаних шума ($67,85 \pm 9,29$ mg/kg) знатно су ниже. Ни једна од њихових максималних вредности концентрације Zn, овде није била виша од ремедијационе вредности за Zn (720 mg/kg). У површинским слојевима истражених земљишта Београда измерене су знатно ниже средње вредности концентрација Cu у односу на средње вредности концентрација за Zn. У површинским слојевима истражених земљишта урбаних шума утврђена је средња вредност концентрације Zn од свега $19,50 \pm 3,69$ mg/kg, док је његова највиша средња вредност утврђена у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта ($58,70 \pm 71,97$ mg/kg). Ове утврђене средње вредности концентрација Zn више су од ГМВ (36 mg/kg) и његове референтне вредности ($31,8$ mg/kg). Значајно је истаћи да је максимална измерена концентрација Cu ($422,42$ mg/kg) у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта била знатно виша од његове ремедијационе вредности (190 mg/kg). Средње вредности концентрација Cd више су од ГМВ ($0,8$ mg/kg) и његове референтне вредности ($0,86$ mg/kg) у земљиштима индустријских комплекса/зона ($1,30 \pm 0,44$ mg/kg) и уз саобраћајна чворишта ($1,06 \pm 0,76$ mg/kg), док су средње вредности концентрације Cd у површинским слојевима земљишта паркова ($0,24 \pm 0,21$ mg/kg) и урбаних шума ($0,27 \pm 0,23$ mg/kg) знатно ниже од његове референтне вредности. Такође, измерене максималне концентрације Cd у површинским слојевима истражених земљишта паркова ($0,70$ mg/kg) и урбаних шума ($0,58$ mg/kg) нису биле више од његове референтне вредности, док су у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона ($1,88$ mg/kg) и уз саобраћајна чворишта ($2,77$ mg/kg) ове максимално измерене вредности биле знатно више од обе граничне вредности.

Као и средње вредности концентрација Cd и средње вредности концентрација Pb у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($99,32 \pm 68,09$ mg/kg) и уз саобраћајна чворишта ($161,61 \pm 243,64$ mg/kg) биле су више од ГМВ (85 mg/kg) и његове референтне вредности ($54,92$ mg/kg), док су у површинским слојевима земљишта паркова ($47,55 \pm 26,09$ mg/kg) и урбаних шума ($30,30 \pm 9,77$ mg/kg) оне биле ниже и од његове референтне вредности. Максималне вредности концентрација Pb у површинским слојевима земљишта паркова ($111,28$ mg/kg) и индустријских комплекса/зона ($181,35$ mg/kg) биле су више од ГМВ, а у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта ($1.308,38$ mg/kg) максимална вредност концентрације Pb била је виша и од његове ремедијационе вредности (530 mg/kg). Средње вредности концентрација Cr у свим истраживаним типовима коришћења земљишта биле су ниже од ГМВ (100 mg/kg), док су средње вредности овог елемента у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($66,27 \pm 25,44$ mg/kg) и уз саобраћајна чворишта ($67,15 \pm 22,48$ mg/kg) биле више и од његове референтне вредности ($52,40$ mg/kg). Такође, значајно је истаћи да су максималне измерене концентрације Cr у површинским слојевима земљишта ових типова коришћења земљишта била виша од ГМВ. За разлику од

средњих вредности концентрација Cr средње вредности концентрација Ni у површинским слојевима земљишта свих типова коришћења биле су више од ГМВ (35 mg/kg). Од референтне вредности за Ni (52 mg/kg) биле су више само средње вредности концентрација у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона (75,73±30,08 mg/kg) и уз саобраћајна чворишта (54,63±14,67 mg/kg), док су максималне вредности концентрација Ni у свим истраженим површинским слојевима земљишта биле више од његове референтне вредности.

Табела 147. Статистичке вредности за средње разлике концентрација тешких метала у површинским слојевима (0-10 cm) земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења

Тешки метали	Тип коришћења простора	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
Zn	Паркови	17	87,0677	24,98515	6,05979	74,2216	99,9139	59,75	145,49
	Индустријски комплекси/зоне	5	168,9061	81,13089	36,28284	68,1688	269,6434	82,40	281,20
	Саобраћајна чворишта	32	166,1305	105,31799	18,61777	128,1593	204,1016	35,21	469,12
	Урбане шуме	9	67,8537	9,28619	3,09540	60,7157	74,9917	59,83	90,47
	Укупно	63	130,9768	89,46347	11,27134	108,4457	153,5079	35,21	469,12
Cu	Паркови	17	41,6122	18,27736	4,43291	32,2148	51,0095	13,91	72,89
	Индустријски комплекси/зоне	5	45,2328	14,93347	6,67845	26,6905	63,7752	23,64	61,17
	Саобраћајна чворишта	32	58,6980	71,96948	12,72253	32,7503	84,6458	13,36	422,42
	Урбане шуме	9	19,5006	3,69169	1,23056	16,6629	22,3383	15,91	28,04
	Укупно	63	47,4193	53,67117	6,76193	33,9023	60,9362	13,36	422,42
Cd	Паркови	17	0,2427	0,21181	0,05137	0,1338	0,3516	0,00	0,70
	Индустријски комплекси/зоне	5	1,3038	0,44040	0,19695	0,7570	1,8506	0,83	1,88
	Саобраћајна чворишта	32	1,0612	0,76091	0,13451	0,7868	1,3355	0,00	2,77
	Урбане шуме	9	0,2743	0,22688	0,07563	0,0999	0,4487	0,00	0,58
	Укупно	63	0,7472	0,70593	0,08894	0,5694	0,9250	0,00	2,77
Pb	Паркови	17	47,5463	26,09070	6,32792	34,1316	60,9609	20,97	111,28
	Индустријски комплекси/зоне	5	99,3233	68,08539	30,44871	14,7841	183,8625	39,21	181,35
	Саобраћајна чворишта	32	161,6094	243,63781	43,06949	73,7686	249,4502	12,99	1308,38
	Урбане шуме	9	30,2990	9,76691	3,25564	22,7914	37,8065	15,50	42,73
	Укупно	63	107,1285	183,12254	23,07127	61,0097	153,2473	12,99	1308,38
Cr	Паркови	17	48,0182	13,69136	3,32064	40,9787	55,0576	16,66	79,75
	Индустријски комплекси/зоне	5	66,2668	25,44497	11,37934	34,6727	97,8609	37,66	107,37
	Саобраћајна чворишта	32	67,1451	22,47612	3,97325	59,0416	75,2486	22,29	121,58
	Урбане шуме	9	51,6447	16,57302	5,52434	38,9056	64,3839	22,21	70,90
	Укупно	63	59,6998	21,37985	2,69361	54,3154	65,0842	16,66	121,58
Ni	Паркови	17	50,0419	11,76821	2,85421	43,9913	56,0926	31,57	75,86
	Индустријски комплекси/зоне	5	75,7292	30,07629	13,45052	38,3846	113,0739	41,34	116,16
	Саобраћајна чворишта	32	54,6272	14,67125	2,59354	49,3376	59,9167	22,62	96,75
	Урбане шуме	9	46,1556	19,26740	6,42247	31,3453	60,9658	23,25	82,76
	Укупно	63	53,8544	17,35254	2,18621	49,4842	58,2246	22,62	116,16

ФКЗ – Физичке карактеристике земљишта

Тест хомогеност варијансе показала је да она није потврђена за средње вредности концентрација Zn ($Sig.=0,000$) и Cd ($Sig.=0,000$) на нивоу 0,01 и за средње вредности концентрација Pb ($Sig.=0,011$) и Ni ($Sig.=0,032$) на нивоу 0,05 (Табела 148), тако да ће се статистички значајне разлике средњих вредности концентрација ових тешких метала у односу на различите типове коришћења земљишта вредновати на основу резултата добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 149).

Табела 148. Статистичке вредности теста хомогености варијансе концентрација тешких метала у површинским слојевима земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

Тешки метали	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Zn	7,159	3	59	0,000
Cu	1,569	3	59	0,206
Cd	7,810	3	59	0,000
Pb	4,082	3	59	0,011
Cr	1,957	3	59	0,130
Ni	3,140	3	59	0,032

Табела 149. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности концентрација тешких метала у површинским слојевима земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Тешки метали	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Zn	12,242	3	15,409	0,000
Cu	13,539	3	15,507	0,000
Cd	17,332	3	15,025	0,000
Pb	5,868	3	15,483	0,007
Cr	4,588	3	14,308	0,019
Ni	1,627	3	13,269	0,230

a. асимптотска F дистрибуција.

Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) показује да постоје статистички значајне разлике за средње вредности концентрације Cr у површинским слојевима истражених земљишта у односу на различит тип коришћења земљишта (*Sig.*=0,010; $p < 0,05$) (Табела 150). Како је хомогеност варијансе била нарушена за средње вредности концентрација Zn, Cd, Pb и Ni значајне разлике њихових средњих вредности у површинским слојевима истражених земљишта у односу на различит тип коришћења земљишта установљене су на основу теста једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*). Резултати овог текста показују да постоје значајне разлике за средње вредности концентрација Zn (*Sig.*=0,000; $p < 0,01$), Cd (*Sig.*=0,000; $p < 0,01$) и Pb (*Sig.*=0,007; $p < 0,01$) и за Ni (*Sig.*=0,011; $p < 0,05$) (Табела 149).

Табела 150. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлике средњих концентрација тешких метала у површинским слојевима (0-10 cm) земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

Тешки метали		Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
Zn	Између група	115374,976	3	38458,325	5,958	0,001
	Унутар група	380855,159	59	6455,172		
	Укупно	496230,135	62			
Cu	Између група	11682,998	3	3894,333	1,377	0,259
	Унутар група	166913,847	59	2829,048		
	Укупно	178596,845	62			

Тешки метали		Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
Cd	Између група	11,042	3	3,681	10,938	0,000
	Унутар група	19,854	59	0,337		
	Укупно	30,897	62			
Pb	Између група	208761,674	3	69587,225	2,195	0,098
	Унутар група	1870338,016	59	31700,644		
	Укупно	2079099,691	62			
Cr	Између група	4893,242	3	1631,081	4,104	0,010
	Унутар група	23446,820	59	397,404		
	Укупно	28340,063	62			
Ni	Између група	3192,195	3	1064,065	4,056	0,011
	Унутар група	15476,664	59	262,316		
	Укупно	18668,858	62			

Применом *Tukey HSD* теста установљено је да се средње вредности концентрације Zn у површинским слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта статистички значајно разликују у односу на средње вредности концентрације Zn у површинским слојевима истражених земљишта паркова (*Sig.*=0,009; $p < 0,01$) и урбаних шума (*Sig.*=0,010; $p < 0,01$). Овај тест је за средње вредности концентрација Cd показао да се оне значајно разликују између средњих вредности концентрација Cd у површинским слојевима земљишта паркова у односу на средњих вредности концентрација Cd у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона (*Sig.*=0,004; $p < 0,01$) и саобраћајних чворишта (*Sig.*=0,000; $p < 0,01$), као и средњих вредности концентрација Cd у површинским слојевима земљишта урбаних шума од средњих вредности концентрација Cd у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона (*Sig.*=0,012; $p < 0,05$) и саобраћајних чворишта (*Sig.*=0,004; $p < 0,01$). Такође, *Tukey HSD* тест је показао да се значајне разлике за средње вредности концентрација Cr у односу на различит тип коришћења земљишта јављају између средње вредности концентрација Cr у површинским слојевима земљишта паркова и саобраћајних чворишта (*Sig.*=0,012; $p < 0,05$). Применом *Tukey HSD* теста установљено је да се средње вредности концентрације Ni у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона статистички значајно разликују у односу на средње вредности концентрације Ni у површинским слојевима истражених земљишта паркова (*Sig.*=0,015; $p < 0,05$), земљишта уз саобраћајна чворишта (*Sig.*=0,043; $p < 0,05$) и урбаних шума (*Sig.*=0,009; $p < 0,01$). Статистички значајне разлике утврђене су и у погледу средњих вредности концентрација Pb, међутим разлике између различитих типова коришћења земљишта није било могуће установити *Tukey HSD* тестом (Табела 151), с обзиром да су исувише мале. Може се закључити да разлике у средњим вредностима концентрација Pb постоје између земљишта површинских слојева различитих типова њиховог коришћења и да је присутан глобални ефекат. На основу разлика аритметичких средина може се закључити да највећа разлика у средњим вредностима концентрација Pb постоји између земљишта површинских слојева паркова и уз саобраћајних чворишта ($I-J=114,06313$) и уз саобраћајних чворишта и урбаних шума ($I-J=131,31042$).

Табела 151. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја различитих типова коришћења земљишта Београда на средње вредности концентрација тешких метала у њиховим површинским слојевима (0-10 cm)

Тешки метали	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња
Zn	Паркови	Индустрijски комплекси/зоне	-81,83834	40,87481	0,199	-189,9029	26,2262
		Саобраћајна чворишта	-79,06271*	24,11307	0,009	-142,8127	-15,3127
		Урбане шуме	19,21409	33,12035	0,938	-68,3492	106,7774
	Индустрijски комплекси/зоне	Паркови	81,83834	40,87481	0,199	-26,2262	189,9029
		Саобраћајна чворишта	2,77563	38,63623	1,000	-99,3706	104,9218
		Урбане шуме	101,05243	44,81379	0,121	-17,4260	219,5308
	Саобраћајна чворишта	Паркови	79,06271*	24,11307	0,009	15,3127	142,8127
		Индустрijски комплекси/зоне	-2,77563	38,63623	1,000	-104,9218	99,3706
		Урбане шуме	98,27681*	30,31444	0,010	18,1317	178,4219
	Урбане шуме	Паркови	-19,21409	33,12035	0,938	-106,7774	68,3492
		Индустрijски комплекси/зоне	-101,05243	44,81379	0,121	-219,5308	17,4260
		Саобраћајна чворишта	-98,27681*	30,31444	0,010	-178,4219	-18,1317
Cd	Паркови	Индустрijски комплекси/зоне	-1,06107*	0,29512	0,004	-1,8413	-0,2808
		Саобраћајна чворишта	-0,81845*	0,17410	0,000	-1,2787	-0,3582
		Урбане шуме	-0,03160	0,23913	0,999	-0,6638	0,6006
	Индустрijски комплекси/зоне	Паркови	1,06107*	0,29512	0,004	0,2808	1,8413
		Саобраћајна чворишта	0,24262	0,27896	0,820	-0,4949	,9801
		Урбане шуме	1,02947*	0,32356	0,012	0,1740	1,8849
	Саобраћајна чворишта	Паркови	,81845*	0,17410	0,000	0,3582	1,2787
		Индустрijски комплекси/зоне	-0,24262	0,27896	0,820	-0,9801	0,4949
		Урбане шуме	0,78685*	0,21887	0,004	0,2082	1,3655
	Урбане шуме	Паркови	0,03160	0,23913	0,999	-0,6006	,6638
		Индустрijски комплекси/зоне	-1,02947*	0,32356	0,012	-1,8849	-0,1740
		Саобраћајна чворишта	-0,78685*	0,21887	0,004	-1,3655	-0,2082
Pb	Паркови	Индустрijски комплекси/зоне	-51,77706	90,58075	0,940	-291,2538	187,6997
		Саобраћајна чворишта	-114,06313	53,43584	0,154	-255,3364	27,2102
		Урбане шуме	17,24729	73,39644	0,995	-176,7977	211,2923
	Индустрijски комплекси/зоне	Паркови	51,77706	90,58075	0,940	-187,6997	291,2538
		Саобраћајна чворишта	-62,28607	85,61994	0,886	-288,6475	164,0753
		Урбане шуме	69,02435	99,30973	0,899	-193,5300	331,5787
	Саобраћајна чворишта	Паркови	114,06313	53,43584	0,154	-27,2102	255,3364
		Индустрijски комплекси/зоне	62,28607	85,61994	0,886	-164,0753	288,6475
		Урбане шуме	131,31042	67,17841	0,217	-46,2954	308,9162
	Урбане шуме	Паркови	-17,24729	73,39644	0,995	-211,2923	176,7977
		Индустрijски комплекси/зоне	-69,02435	99,30973	0,899	-331,5787	193,5300
		Саобраћајна чворишта	-131,31042	67,17841	0,217	-308,9162	46,2954
Cr	Паркови	Индустрijски комплекси/зоне	-18,24866	10,14187	0,284	-45,0617	8,5643
		Саобраћајна чворишта	-19,12691*	5,98294	0,012	-34,9446	-3,3093
		Урбане шуме	-3,62659	8,21783	0,971	-25,3528	18,0996
	Индустрijски комплекси/зоне	Паркови	18,24866	10,14187	0,284	-8,5643	45,0617
		Саобраћајна чворишта	-0,87825	9,58643	1,000	-26,2228	24,4663
		Урбане шуме	14,62207	11,11920	0,557	-14,7748	44,0189
	Саобраћајна чворишта	Паркови	19,12691*	5,98294	0,012	3,3093	34,9446
		Индустрijски комплекси/зоне	0,87825	9,58643	1,000	-24,4663	26,2228
		Урбане шуме	15,50032	7,52162	0,178	-4,3853	35,3859
	Урбане шуме	Паркови	3,62659	8,21783	0,971	-18,0996	25,3528
		Индустрijски комплекси/зоне	-14,62207	11,11920	0,557	-44,0189	14,7748
		Саобраћајна чворишта	-15,50032	7,52162	0,178	-35,3859	4,3853

Тешки метали	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња
Ni	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-25,68733*	8,23976	0,015	-47,4715	-3,9031
		Саобраћајна чворишта	-4,58523	4,86084	0,782	-17,4363	8,2658
		Урбане шуме	3,88633	6,67657	0,937	-13,7651	21,5378
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	25,68733*	8,23976	0,015	3,9031	47,4715
		Саобраћајна чворишта	21,10209*	7,78849	,043	0,5109	41,6933
		Урбане шуме	29,57366 [^]	9,03380	0,009	5,6902	53,4572
	Саобраћајна чворишта	Паркови	4,58523	4,86084	0,782	-8,2658	17,4363
		Индустријски комплекси/зоне	-21,10209*	7,78849	0,043	-41,6933	-0,5109
		Урбане шуме	8,47157	6,11094	0,513	-7,6845	24,6276
	Урбане шуме	Паркови	-3,88633	6,67657	0,937	-21,5378	13,7651
		Индустријски комплекси/зоне	-29,57366 [^]	9,03380	0,009	-53,4572	-5,6902
		Саобраћајна чворишта	-8,47157	6,11094	0,513	-24,6276	7,6845

Статистичке вредности средњих разлика концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у доњим слојевима (10-40 cm) истражених земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења приказане су у Табели 152.

Средње вредности концентрација Zn опадају са дужином земљишта, као и у површинским слојевима истражених земљишта, највише су у доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($128,71 \pm 55,95$ mg/kg) и уз саобраћајна чворишта ($113,81 \pm 72,32$ mg/kg). Ове средње вредности концентрација Zn (за разлику од оних у површинским) ниже су од ГМВ (140 mg/kg) али су знатно више од његове референтне вредности (68,14 mg/kg). Као и у површинским слојевима истражених земљишта, максималне вредности концентрација Zn у доњим слојевима земљишта паркова ($79,96 \pm 24,41$ mg/kg), индустријских комплекса/зона ($128,71 \pm 55,95$ mg/kg) и саобраћајна чворишта ($113,81 \pm 72,32$ mg/kg) више су од ГМВ. Ни једна утврђена максимална вредност концентрација Zn није била виша од његове ремедијационе вредности (720 mg/kg).

Средње вредности концентрација Cu у доњим слојевима истражених земљишта је варијабилна, тако да у доњим слојевима земљишта паркова и уз саобраћајна чворишта оне опадају са његовом дужином, а у доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона и урбаних шума незнатно расту са дужином земљишта. Као и у површинским слојевима истражених земљишта и у доњим слојевима средње вредности концентрације Cu су знатно ниже у односу на средње вредности концентрације Zn и крећу се од најниже у доњим слојевима земљиштима урбаних шума ($19,70 \pm 2,54$ mg/kg) до највише у доњим слојевима земљиштима индустријских комплекса/зона ($47,62 \pm 14,15$ mg/kg). Као и у површинским слојевима, максималне измерене концентрације Cu је биле су доњим слојевима земљиштима паркова, индустријских комплекса/зона и саобраћајних чворишта више су од ГМВ и њихових референтне вредности.

Као и средње вредности концентрација Cu и средње вредности концентрација Cd су варијабилне, тако да у доњим слојевима незнатно расту са дужином земљишта, као што је то случај у доњим слојевима истражених земљишта паркова ($0,26 \pm 0,19$ mg/kg) и уз саобраћајна чворишта ($0,74 \pm 0,54$ mg/kg). Средња вредност концентрација Cd у доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($1,07 \pm 0,29$ mg/kg) била је виша од ГМВ. У земљиштима уз саобраћајна чворишта и индустријских комплекса/зона измерене су максималне концентрације Cd ($1,49$ и $2,59$ mg/kg) које су биле више од ГМВ (0,8 mg/kg) и његове референтне вредности (0,86 mg/kg).

Средња вредност концентрације Pb у доњим слојевима истражених земљиштима паркова ($91,99 \pm 209,89$ mg/kg) значајно расте са његовом дужином. На овај резултат утицала је и

максимална измерена вредност Pb (898,12 mg/kg) која је знатно виша од његове ремедијационе вредности (530 mg/kg). Средња вредност концентрација Pb у доњим слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона и уз саобраћајна чворишта опада са његовом дубином и има вредности које су ниже од ГМВ (85 mg/kg), а више од референтне вредности (54,92 mg/kg). Такође, и у земљиштима индустријских комплекса/зона (140,67 mg/kg) измерене су максималне концентрације Pb које су више од ГМВ, као и у истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта (299,71 mg/kg). У истраженим земљиштима урбаних шума средња вредност концентрације Pb (32,51±8,41 mg/kg) такође расте са дубином земљишта.

Као и у површинским слојевима, средње вредности концентрација Cr у доњим слојевима истражених земљишта у свим типовима њиховог коришћења биле су ниже од његове ГМВ (100 mg/kg), а у доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона (64,72±24,55 mg/kg) и уз саобраћајна чворишта (62,15±21,84 mg/kg) биле су више и од његове референтне вредности (52,40 mg/kg). Такође, и у доњим слојевима истражених земљишта максималне концентрације Cr ових типова њиховог коришћења биле су више од ГМВ. Средње вредности концентрације Cr у земљиштима паркова (45,76±8,32 mg/kg) и урбаних шума (46,96±11,87 mg/kg) биле су ниже и од ГМВ, али и од његове референтне вредности (52,4 mg/kg).

У доњим слојевима земљишта концентрације Cr по правилу опадају са његовом дубином док концентрације Ni расте. Као и у површинским слојевима истражених земљишта средње вредности концентрација Ni у доњим слојевима земљишта свих типова њиховог коришћења биле су више од ГМВ (35 mg/kg). Такође, средње концентрације Ni у доњим слојевима прате оне у површинским, тако да су средње концентрације Ni у доњим слојевима земљиштима индустријских комплекса/зона (78,79±43,16 mg/kg) и саобраћајних чворишта (57,71±19,58 mg/kg) биле више од његове референтне вредности (52mg/kg), као и максималне измерене вредности (78,62-141,36 mg/kg) у доњим слојевима земљишта свих типова њиховог коришћења. Средње вредности концентрације Ni у истраженима земљиштима паркова (51,18±10,64 mg/kg) и урбаних шума (48,86±22,19 mg/kg) такође су биле више од ГМВ, док су биле ниже од његове референтне вредности.

Табела 152. Статистичке вредности за средње разлике концентрација тешких метала у доњим слојевима (10-40 cm) земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења

ТМ	Тип коришћења земљишта	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
Zn	Паркови	17	79,9598	24,40681	5,91952	67,4110	92,5086	51,19	152,65
	Индустријски комплекси/зоне	5	128,7056	55,95465	25,02368	59,2288	198,1825	67,71	212,22
	Саобраћајна чворишта	32	113,8072	72,31544	12,78368	87,7347	139,8797	47,26	434,86
	Урбане шуме	9	63,6533	4,90187	1,63396	59,8854	67,4212	59,86	74,43
	Укупно	63	98,6914	58,63940	7,38787	83,9232	113,4595	47,26	434,86
Cu	Паркови	17	38,1631	17,14106	4,15732	29,3500	46,9762	18,32	78,56
	Индустријски комплекси/зоне	5	47,6215	15,14803	6,77440	28,8128	66,4303	23,24	64,02
	Саобраћајна чворишта	32	36,1394	14,92436	2,63828	30,7586	41,5202	6,97	66,33
	Урбане шуме	9	19,7003	2,53785	0,84595	17,7496	21,6511	15,15	23,87
	Укупно	63	35,2483	15,90610	2,00398	31,2424	39,2542	6,97	78,56
Cd	Паркови	17	0,2566	0,19347	0,04692	0,1572	0,3561	0,00	0,56
	Индустријски комплекси/зоне	5	1,0667	0,29065	0,12998	0,7058	1,4276	0,70	1,49
	Саобраћајна чворишта	32	0,7429	0,53515	0,09460	0,5499	0,9358	0,00	2,59
	Урбане шуме	9	0,2847	0,25206	0,08402	0,0910	0,4785	0,00	0,68
	Укупно	63	0,5719	0,49046	0,06179	0,4484	0,6954	0,00	2,59

ТМ – Тешки метали

ТМ	Тип коришћења земљишта	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	95% Интервал поузданости		Мин.	Макс.
						Доња граница	Горња граница		
Pb	Паркови	17	91,9922	209,89122	50,90610	-15,9239	199,9083	17,11	898,13
	Индустријски комплекси/зоне	5	69,4272	53,97265	24,13730	2,4113	136,4431	30,23	140,67
	Саобраћајна чворишта	32	68,1246	62,80583	11,10261	45,4807	90,7685	10,12	299,71
	Урбане шуме	9	32,5087	8,40857	2,80286	26,0453	38,9721	20,51	48,81
	Укупно	63	69,5805	117,79865	14,84124	39,9133	99,2477	10,12	898,13
Cr	Паркови	17	45,7578	8,31800	2,01741	41,4811	50,0346	30,58	62,74
	Индустријски комплекси/зоне	5	64,7158	24,54934	10,97880	34,2337	95,1978	45,60	107,65
	Саобраћајна чворишта	32	62,1453	21,84324	3,86138	54,2700	70,0206	13,88	105,75
	Урбане шуме	9	46,9576	11,87468	3,95823	37,8299	56,0853	35,39	73,77
	Укупно	63	55,7576	19,48553	2,45495	50,8503	60,6650	13,88	107,65
Ni	Паркови	17	51,1770	10,64169	2,58099	45,7055	56,6484	40,29	78,62
	Индустријски комплекси/зоне	5	78,7915	43,15696	19,30038	25,2051	132,3780	39,03	141,36
	Саобраћајна чворишта	32	57,7095	19,58258	3,46174	50,6492	64,7698	15,77	108,88
	Урбане шуме	9	48,8574	22,19105	7,39702	31,7999	65,9150	32,19	99,24
	Укупно	63	56,3553	21,48772	2,70720	50,9437	61,7670	15,77	141,36

ТМ – Тешки метали

Тест хомогености варијансе показао је да она није потврђена за Cu ($Sig.=0,021$), Cd ($Sig.=0,024$) и Cr ($Sig.=0,013$) на нивоу 0,05, а за Ni ($Sig.=0,000$) на нивоу 0,01 (Табела 153), тако да ће се статистички значајне разлике средњих вредности концентрација ових елемената у односу на различите типове коришћења земљишта вредновати на основу резултата добијених тестом једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) (Табела 154).

Табела 153. Статистичке вредности теста хомогености варијансе средњих вредности концентрација тешких метала метала у доњим слојевима (10-40 cm) земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

Тешки метали	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Zn	2.627	3	59	0.059
Cu	3.483	3	59	0.021
Cd	3.384	3	59	0.024
Pb	2.023	3	59	0.120
Cr	3.878	3	59	0.013
Ni	7.155	3	59	0.000

Табела 154. Тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) средњих вредности концентрација тешких метала у доњим слојевима земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Тешки метали	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Zn	8,529	3	14,950	0,002
Cu	20,056	3	15,124	0,000
Cd	15,516	3	15,156	0,000
Pb	3,969	3	14,916	0,029
Cr	5,013	3	14,026	0,014
Ni	1,332	3	13,244	0,306

a. асимптотскау F дистрибуција.

Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) показује да постоје статистички значајне разлике средњих вредности концентрација Zn ($Sig.=0,034$; $p<0,05$) у односу на различите типове коришћења земљишта (Табела 155). Хомогеност варијансе била је нарушена Cu, Cd, Cr и Pb. На основу теста једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*) установљено је да те разлике постоје за средње вредности концентрација Cu ($Sig.=0,002$; $p<0,01$), Cd ($Sig.=0,000$; $p<0,01$) и Cr ($Sig.=0,014$; $p<0,05$). Као и у површинским слојевима истражених земљишта, овај тест за Ni показао је да и у доњим слојевима истражених земљишта нема статистички значајне разлике у односу на различит тип коришћења земљишта ($Sig.=0,306$) (Табела 154).

Табела 155. Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) разлике средњих вредности концентрација тешких метала доњих слојева (10-40 cm) земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

Тешки метали		Сума квадрата	df	Средина квадрата	F	Sig.
Zn	Између група	28829,745	3	9609,915	3,075	0,034
	Унутар група	184362,181	59	3124,783		
	Укупно	213191,925	62			
Cu	Између група	3110,978	3	1036,993	4,865	0,004
	Унутар група	12575,263	59	213,140		
	Укупно	15686,240	62			
Cd	Између група	4,591	3	1,530	8,747	0,000
	Унутар група	10,323	59	0,175		
	Укупно	14,914	62			
Pb	Између група	20975,644	3	6991,881	0,491	0,690
	Унутар група	839368,750	59	14226,589		
	Укупно	860344,395	62			
Cr	Између група	4103,804	3	1367,935	4,152	0,010
	Унутар група	19436,719	59	329,436		
	Укупно	23540,523	62			
Ni	Између група	3537,423	3	1179,141	2,773	0,049
	Унутар група	25089,358	59	425,243		
	Укупно	28626,781	62			

Tukey HSD тест показао је да се средња вредност концентрације Cu у доњим слојевима истражених земљишта урбаних шума значајно разликују од средњих вредности концентрација Cu у доњим слојевима земљишта осталих типова њиховог коришћења и то: паркова ($Sig.=0,017$) и саобраћајних чворишта ($Sig.=0,021$) на нивоу 0,05, а од средњих вредности концентрација Cu у доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($Sig.=0,006$) на нивоу 0,01. За средње вредности концентрације Cd *Tukey HSD* тест показао је да се оне значајно разликују у доњим слојевима земљишта паркова од оних у доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($Sig.=0,002$; $p<0,01$) и уз саобраћајна чворишта ($Sig.=0,002$; $p<0,01$), а средње вредности концентрације Cd у доњим слојевима земљишта урбаних шума значајно се разликују од оних у доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона ($Sig.=0,002$; $p<0,01$) и уз саобраћајна чворишта ($Sig.=0,026$; $p<0,05$). Овај тест показао је и да постоје значајне разлике између средњих вредности концентрација Cr у доњим слојевима земљишта паркова и саобраћајних чворишта ($Sig.=0,020$; $p<0,05$) (Табела 156).

Табела 156. Статистички параметри *Tukey HSD* – разлике утицаја различитих типова коришћења земљишта Београда на концентрацију тешких метала у њиховим доњим слојевима (10-40 cm)

Тешки метали	(I) Тип коришћења земљишта	(J) Тип коришћења земљишта	Разлика средње вредности (I-J)	Стандардна грешка	Sig.	95% Интервал поузданости	
						Доња граница	Горња граница
Zn	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-48,74581	28,43883	0,326	-123,9322	26,4406
		Саобраћајна чворишта	-33,84741	16,77678	0,193	-78,2017	10,5069
		Урбане шуме	16,30653	23,04363	0,894	-44,6161	77,2291
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	48,74581	28,43883	0,326	-26,4406	123,9322
		Саобраћајна чворишта	14,89840	26,88133	0,945	-56,1703	85,9671
		Урбане шуме	65,05234	31,17939	0,169	-17,3795	147,4842
	Саобраћајна чворишта	Паркови	33,84741	16,77678	0,193	-10,5069	78,2017
		Индустријски комплекси/зоне	-14,89840	26,88133	0,945	-85,9671	56,1703
		Урбане шуме	50,15394	21,09141	0,093	-5,6074	105,9153
	Урбане шуме	Паркови	-16,30653	23,04363	0,894	-77,2291	44,6161
		Индустријски комплекси/зоне	-65,05234	31,17939	0,169	-147,4842	17,3795
		Саобраћајна чворишта	-50,15394	21,09141	0,093	-105,9153	5,6074
Cu	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-9,45840	7,42736	0,583	-29,0948	10,1780
		Саобраћајна чворишта	2,02376	4,38158	0,967	-9,5602	13,6078
		Урбане шуме	18,46278*	6,01830	0,017	2,5517	34,3739
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	9,45840	7,42736	0,583	-10,1780	29,0948
		Саобраћајна чворишта	11,48216	7,02059	0,367	-7,0788	30,0431
		Урбане шуме	27,92118*	8,14311	0,006	6,3925	49,4499
	Саобраћајна чворишта	Паркови	-2,02376	4,38158	0,967	-13,6078	9,5602
		Индустријски комплекси/зоне	-11,48216	7,02059	0,367	-30,0431	7,0788
		Урбане шуме	16,43902*	5,50843	0,021	1,8759	31,0022
	Урбане шуме	Паркови	-18,46278*	6,01830	0,017	-34,3739	-2,5517
		Индустријски комплекси/зоне	-27,92118*	8,14311	0,006	-49,4499	-6,3925
		Саобраћајна чворишта	-16,43902*	5,50843	0,021	-31,0022	-1,8759
Cd	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-0,81004*	0,21280	0,002	-1,3726	-0,2474
		Саобраћајна чворишта	-0,48625*	0,12554	0,002	-0,8181	-0,1544
		Урбане шуме	-0,02811	0,17243	0,998	-0,4840	0,4278
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	0,81004*	0,21280	0,002	0,2474	1,3726
		Саобраћајна чворишта	0,32379	0,20115	0,381	-0,2080	0,8556
		Урбане шуме	0,78193*	0,23331	0,007	0,1651	1,3988
	Саобраћајна чворишта	Паркови	0,48625*	0,12554	0,002	0,1544	0,8181
		Индустријски комплекси/зоне	-0,32379	0,20115	0,381	-0,8556	0,2080
		Урбане шуме	0,45814*	0,15782	0,026	0,0409	0,8754
	Урбане шуме	Паркови	0,02811	0,17243	0,998	-0,4278	0,4840
		Индустријски комплекси/зоне	-0,78193*	0,23331	0,007	-1,3988	-0,1651
		Саобраћајна чворишта	-0,45814*	0,15782	0,026	-0,8754	-0,0409
Cr	Паркови	Индустријски комплекси/зоне	-18,95793	9,23395	0,181	-43,3706	5,4547
		Саобраћајна чворишта	-16,38746*	5,44733	0,020	-30,7891	-1,9858
		Урбане шуме	-1,19980	7,48215	0,999	-20,9811	18,5815
	Индустријски комплекси/зоне	Паркови	18,95793	9,23395	0,181	-5,4547	43,3706
		Саобраћајна чворишта	2,57046	8,72823	0,991	-20,5052	25,6461
		Урбане шуме	17,75813	10,12379	0,306	-9,0071	44,5233
	Саобраћајна чворишта	Паркови	16,38746*	5,44733	0,020	1,9858	30,7891
		Индустријски комплекси/зоне	-2,57046	8,72823	0,991	-25,6461	20,5052
		Урбане шуме	15,18766	6,84827	0,130	-2,9178	33,2931
	Урбане шуме	Паркови	1,19980	7,48215	0,999	-18,5815	20,9811
		Индустријски комплекси/зоне	-17,75813	10,12379	0,306	-44,5233	9,0071
		Саобраћајна чворишта	-15,18766	6,84827	0,130	-33,2931	2,9178

4.5. Степен загађења земљишта тешким металима

Утицај антропогеног фактора на степен загађења земљишта Београда тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) различитих урбанистичких зона града и типа његовог коришћења извршено је на основу утврђивања потенцијалног порекла (извора) тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) уз помоћу корелационе матрице и факторске анализе (*Principal component analyse* - PCA), израчунавања индекса загађења (PI, PI_{Nemerov}, PLI, RI) и утврђивања нивоа одступања концентрација тешких метала у истраживаним земљиштима Београда од њихових концентрација у природним земљиштима за дато подручје Централна Србија (референтна вредност) (Mrvić et al. 2011, 2019) (t-теста).

Статистичке анализе (Корелациона матрица, PCA, t-тест) и израчунавање индекса загађења земљишта изведене су заједно за оба слоја истражених земљишта (површински 0-10 cm и доњи слој 10-40 cm), с обзиром да дво-факторска анализа варијансе није показала да постоји значајна разлика између средњих вредности концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) истражених земљишта Београда у односу на њихову припадност различитим урбанистичким зонама Београда, различит тип њиховог коришћења и дубину земљишта.

4.5.1. Степен загађења земљишта тешким металима у односу на степен урбанизације града

Резултати корелационе матрице показали су да у истраженим земљиштима централне урбанистичке зоне града постоје статистички значајне корелације између средњих вредности концентрација Zn и Cu ($r=0,487^{**}$) и Cd ($r=0,824^{**}$), Pb ($r=0,293^{*}$), Cr ($r=0,629^{**}$) и Ni ($r=0,391^{**}$). Такође, значајне корелације утврђене су и између средњих вредности концентрација Cu и Cr ($r=0,369^{**}$) у односу на Ni ($r=0,446^{**}$), Cd и Cr ($r=0,606^{**}$) у односу на Ni ($r=0,318^{*}$), и између средњих вредности концентрација Cr и Ni ($r=0,713^{**}$). У приградској зони значајне корелације утврђене су између средњих вредности концентрација Zn и Cu ($r=0,700^{**}$), Cd ($r=0,890^{**}$), Pb ($r=0,699^{*}$) и Cr ($r=0,497^{**}$), затим Cu и Cd ($r=0,688^{**}$), Pb ($r=0,887^{*}$) и Cr ($r=0,467^{**}$), као и између средњих вредности концентрација Pb и Cd ($r=0,627^{*}$), Cr ($r=0,605^{**}$) и Ni ($r=0,294^{*}$) и Cr и Ni ($r=0,546^{**}$). У истраженим земљиштима спољне урбанистичке зоне града значајне корелације постоје између средњих вредности концентрација Zn и Cu ($r=0,922^{**}$), Zn и Pb ($r=0,828^{**}$), Zn и Cr ($r=0,513^{**}$), затим Cu и Pb ($r=0,812^{**}$), Cu и Cr ($r=0,620^{*}$), Ni и Cr ($r=0,852^{**}$). У земљиштима рубне урбанистичке зоне града значајна корелација постоји између средњих вредности концентрација Zn и Cu ($r=0,698^{*}$) и Cr и Ni ($r=0,807^{**}$) (Табела 157).

На основу ових података може се закључити да су корелације између средњих вредности концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) присутне у истраженим земљиштима свих урбанистичких зона Београда, изузев у земљиштима рубне урбанистичке зоне града, где су забележене значајне корелације само између средњих вредности концентрација Zn и Cu ($p<0,05$) и Cr и Ni ($p<0,01$). У земљиштима централне урбанистичке зоне града уочено је да постоји значајна корелација између средњих вредности концентрација већине истраживаних метала (Zn, Cd, Pb, Cr и Ni), при чему су добијене средње вредности концентрација Pb у значајној корелацији само са средњим вредностима концентрација Zn ($p<0,05$). У земљиштима приградске урбанистичке зоне града утврђено је да постоји значајна корелација између средњих вредности концентрација свих истраживаних тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni), осим Ni који је само у значајној корелацији са средњим вредностима концентрација Cd ($p<0,05$) и Cr ($p<0,001$). У земљиштима спољне урбанистичке зоне града значајна корелација није уочена између средњих вредности концентрација Cd и осталих тешких метала, а средња

вредност концентрације Ni је само високо значајно корелисана са средњом вредност концентрације Cr ($p < 0,001$).

Table 157. Корелациона матрица концентрација тешких метала у земљиштима различитих урбанистичких зона Београда

Тешки метал		Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
Zn	Pearson Correlation	1					
	Sig. (2-tailed)						
	N	52					
Cu	Pearson Correlation	0,487**	1				
	Sig. (2-tailed)	0,000					
	N	52	52				
Cd	Pearson Correlation	0,824**	0,259	1			
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,064				
	N	52	52	52			
Pb	Pearson Correlation	0,293*	0,105	0,237	1		
	Sig. (2-tailed)	0,035	0,460	0,090			
	N	52	52	52	52		
Cr	Pearson Correlation	0,629**	0,369**	0,606**	0,121	1	
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,007	0,000	0,391		
	N	52	52	52	52	52	
Ni	Pearson Correlation	0,391**	0,446**	0,318*	0,074	,713**	1
	Sig. (2-tailed)	0,004	0,001	0,021	0,604	0,000	
	N	52	52	52	52	52	52
Zn	Pearson Correlation	1					
	Sig. (2-tailed)						
	N	16					
Cu	Pearson Correlation	0,922**	1				
	Sig. (2-tailed)	0,000					
	N	16	16				
Cd	Pearson Correlation	0,469	0,402	1			
	Sig. (2-tailed)	0,067	0,123				
	N	16	16	16			
Pb	Pearson Correlation	0,828**	0,812**	0,450	1		
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,080			
	N	16	16	16	16		
Cr	Pearson Correlation	0,513*	0,620*	0,198	0,490	1	
	Sig. (2-tailed)	0,042	0,010	0,461	0,054		
	N	16	16	16	16	16	
Ni	Pearson Correlation	0,192	0,358	-0,212	0,218	0,852*	1
	Sig. (2-tailed)	0,477	0,173	0,431	0,417	0,000	
	N	16	16	16	16	16	16

** , Корелација значајна на 0,01 нивоу (2-tailed),

* , Корелација значајна на 0,05 нивоу (2-tailed),

Порекло тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) истражених земљишта различитих урбанистичких зона Београда добијено је резултатима PCA теста (Табела 158). Ови резултати показали су да две главне компоненте заједно описују преко 70% укупне варијансе, у четири скупа. Резултат PCA теста у централној урбанистичкој зони, показало је да две компоненте заједно описују 69,82% варијабилности, где су тешки метали Cr и Ni високо позитивно корелисани са првом компонентом (PC1) која објашњава 42,79 % варијабилности, а значајно су позитивно корелисани тешки метали Zn и Cu. Другу компоненту (PC2) описује 27,04 % варијабилности и у њој је високо позитивно корелисано Pb и значајно позитивно Zn и Cd. У приградској урбанистичкој зони града 82,29 % описује две компоненте, где прву описује 55,38 % и у њој су високо корелисани Zn, Cu, Cd и Pb, а другу описује 26,91 % и у њој су високо корелисани Cr и Ni. У спољној урбанистичкој зони града резултати показују да две компоненте описују 84,85 % варијабилности, где су као и у приградској урбанистичкој зони града у првој компоненти (PC1 49,99 %) високо позитивно корелисани тешки метали Zn, Cu,

Cd и Pb, а другој (PC2) Cr и Ni (34,85 %). У рубној урбанистичкој зони града, две компоненте објашњавају 72,10 %, а прва компонента описује 38,85 % варијабилности и у њој су високо позитивно корелисани Cr и Ni и значајно је корелисан Cu, а другој (PC2) описује 33,25 %, а значајно су позитивно корелисани Zn, Cu и Cd, а негативно Pb.

Табела 158. Матрица РСА анализе присуства тешких метала у земљиштима различитих урбанистичких зона Београда са кумулативним процентом

Ротирана матрица компоненти ^{a,b}

Тешки метали	Централна зона (n=52)		Приградска зона (n=46)		Спољна зона (n=16)		Рубна зона (n=12)	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
Zn	0,628	0,659	0,903	0,133	0,908	0,252	0,314	0,785
Cu	0,666	0,084	0,877	0,203	0,849	0,413	0,659	0,662
Cd	0,527	0,677	0,832	0,342	0,746	-0,282	0,055	0,722
Pb	-0,124	0,809	0,912	0,029	0,866	0,254	0,313	-0,646
Cr	0,842	0,257	0,465	0,741	0,383	0,866	0,928	0,054
Ni	0,853	-0,037	-0,003	0,943	-0,023	0,981	0,914	-0,007
Eingen-вредност	2,567	1,622	3,323	1,614	3,000	2,091	2,331	1,995
% variance explained	42,79	27,04	55,38	26,91	49,997	34,85	38,85	33,25
Cumulative % variance	42,79	69,82	55,38	82,29	49,997	84,85	38,85	72,10

Extraction Method: Principal Component Analysis, Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization, b, Rotation converged in three iterations

Вредности индекса загађења земљишта различитих урбанистичких зона Београда приказане су у Табели 159. PI земљишта централне урбанистичке зоне града показала су да Pb има највишу вредност (2,46) и да припада класи средње загађених земљишта, док PI за Zn (1,77), Cu (1,71), Cr (1,17) и Ni (1,11) је показао да земљишта ове урбанистичке зоне града припадају класи ниско загађених земљишта. Једино PI за Cd (0,87) показује да земљишта централне урбанистичке зоне града нису загађења овим металом, међутим треба нагласити да се је ова вредност на горњој граници поменуте класе. Истражена земљишта приградске урбанистичке зоне града показала су да према појединачном индексу загађења она припадају класи ниског загађења с обзиром да су се PI вредности свих истражених тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) кретале у распону 1,11-1,96. Као и у истраженим земљиштима централне урбанистичке зоне града и у земљиштима приградске урбанистичке зоне града PI вредност за Cd (0,83) показује да она припадају класи ниског загађења. Истражена земљишта спољне урбанистичке зоне града припадају класи незагађених земљишта, с обзиром да је највиша PI вредности добијена за Ni (0,97), затим за Zn (0,93) и за Cr (0,87). Значајно је истаћи да су ове вредности на горњој граници ове класе, док PI за Cu (0,60), Pb (0,44), и Cd (0,35) показују да ова земљишта нису загађена овим тешким металима. PI вредности земљишта рубне урбанистичке зоне града такође припадају класи незагађених земљишта, али се овде PI вредност за Zn (0,96), Cr (0,90) и Ni (0,73) налази на горњој граници ове класе, док је PI за Cu (0,60), Cd (0,47), Pb (0,63) знатно нижи.

Табела 159. Вредности индекса загађења тешким металима земљишта различитих урбанистичких зона Београда

Урбанистичка зона	PI Вредност						PI _{Nemerov}	PLI	RI
	Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni			
Централна зона	1,77	1,71	0,87	2,46	1,17	1,11	1,18	1,44	56,78
Приградска зона	1,96	1,21	0,83	1,24	1,14	1,11	0,72	1,40	46,65
Спољна зона	0,93	0,60	0,35	0,44	0,84	0,97	0,33	1,27	23,76
Рубна зона	0,96	0,60	0,47	0,63	0,90	0,73	0,49	1,27	28,40

Вредности $PI_{Nemerov}$ у истраженим земљиштима различитих урбанистичких зона Београда опадају од централне ка рубној урбанистичкој зони града и крећу се у распону од 0,33-1,18, међутим, овај индекс је незнатно виши у рубној (0,49) у односу на спољну урбанистичку зону града (0,33). Истражена земљишта централне урбанистичке зоне града су према $PI_{Nemerov}$ у класи незнатно загађених земљишта ($PI_{Nemerov}$ 1-2), приградске урбанистичке зоне града у класи границе упозорења (*warning limita* 0,7-1), док истражена земљишта спољне и рубне урбанистичке зоне града припадају класи чистих земљишта ($PI_{Nemerov} \leq 0.7$). Индекси оптерећења загађењем (PLI) такође опадају од централне ка рубној урбанистичкој зони града, али у свим урбанистичким зонама се налазе у категорији погоршања квалитета земљишта ($PLI > 1$). Потенцијални еколошки ризик (RI) у истраженим земљиштима различитих урбанистичких зона Београда је < 90 , што указује да су ова земљишта ниског еколошког ризика. Највиши RI забележен је у истраженим земљиштима централне (56,78) и приградске урбанистичке зоне града (46,65), док његова вредност знатно опада у земљиштима спољне (23,76) и рубне урбанистичке зоне града (28,40). Такође, не треба изоставити и чињеницу да је незнатно виша вредност овог индекса у истраженим земљиштима рубне у односу на земљишта спољне урбанистичке зоне града.

Резултати t-теста испитивања статистички значајних разлика између референтних вредности и добијених средњих вредности концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраженим земљиштима различитих урбанистичких зона Београда приказане су у Табели 160.

Овај тест показао је да постоје статистички значајне разлике између референтне вредности Zn (68,14 mg/kg) и његове добијене средње вредности концентрација у земљиштима централне ($t=6,619$; $p<0,01$) и приградске урбанистичке зоне града ($t=4,403$; $p<0,01$). Исти тест показао је да постоје значајне разлике између референтне вредности Cu (31,80 mg/kg) и његове добијене средње вредности концентрације у земљишта централне ($t=2,966$; $p<0,01$), приградске ($t=2,330$; $p<0,05$), спољне ($t=-5,160$; $p<0,01$) и рубне урбанистичке зоне града ($t=-12,710$; $p<0,01$). Такође t-тест показао је да постоји статистички значајна разлика између референтне вредности Cd (0,86 mg/kg) и његових средњих добијених вредности у истраженим земљиштима спољне ($t=-5,566$; $p<0,01$) и рубне урбанистичке зоне града ($t=-8,735$; $p<0,01$). Забележена је значајна разлика између референтне вредности Pb (54,92 mg/kg) и добијених средњих вредности концентрација у истраженим земљиштима централне ($t=2,650$; $p<0,05$), спољне ($t=-3,383$; $p<0,01$) и рубне урбанистичке зоне града ($t=-7,843$; $p<0,01$). Референтна вредност Cr (52,40 mg/kg) значајно се разликује од његових добијених средњих вредности концентрација у истраженим земљиштима централне ($t=2,939$; $p<0,01$) и приградске урбанистичке зоне града ($t=2,937$; $p<0,01$). Референтна вредност Ni значајно се разликује од његових средњих вредности концентрација у истраженим земљиштима централне ($t=2,50$; $p<0,05$) приградске ($t=2,15$; $p<0,05$) и рубне урбанистичке зоне града ($t=-4,66$; $p<0,01$).

Табела 160. t-тест разлика између средњих вредности концентрација тешких метала у земљиштима различитих урбанистичких зона Београда и њихове референтне вредности

Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	t	df	Sig. (2-tailed)	Разлика средње вредности
Тестирана вредност Zn = 68,14 mg/kg								
Централна зона	52	120,28	56,81	7,88	6,619	51	0,000	52,14
Приградска зона	46	135,71	104,08	15,35	4,403	45	0,000	67,57
Спољна зона	16	74,23	28,28	7,07	0,862	15	0,402	6,09
Рубна зона	12	65,36	8,76	2,53	-1,101	11	0,294	-2,78

Урбанистичка зона	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	t	df	Sig. (2-tailed)	Разлика средње вредности
Тестирана вредност Cu = 31,8 mg/kg								
Централна зона	52	54,49	55,17	7,65	2,966	51	0,005	22,69
Приградска зона	46	39,23	21,62	3,19	2,330	45	0,024	7,43
Спољна зона	16	21,31	8,13	2,03	-5,160	15	0,000	-10,49
Рубна зона	12	19,10	3,46	0,99	-12,710	11	0,000	-12,75
Тестирана вредност Cd = 0,86 mg/kg								
Централна зона	52	0,75	0,61	0,08	-1,282	51	0,205	-0,11
Приградска зона	46	0,73	0,71	0,10	-1,251	45	0,217	-0,13
Спољна зона	16	0,35	0,37	0,09	-5,566	15	0,000	-0,51
Рубна зона	12	0,40	0,18	0,05	-8,735	11	0,000	-0,46
Тестирана вредност Pb = 54,92 mg/kg								
Централна зона	52	135,05	218,05	30,24	2,650	51	0,011	80,13
Приградска зона	46	69,33	85,70	12,64	1,140	45	0,260	14,41
Спољна зона	16	31,52	27,68	6,92	-3,383	15	0,004	-23,41
Рубна зона	12	34,71	8,92	2,58	-7,843	11	0,000	-20,21
Тестирана вредност Cr = 52,40 mg/kg								
Централна зона	52	61,40	22,08	3,06	2,939	51	0,005	8,998
Приградска зона	46	60,47	18,64	2,75	2,937	45	0,005	8,07
Спољна зона	16	45,77	18,43	4,61	-1,439	15	0,171	-6,63
Рубна зона	12	47,26	13,93	4,02	-1,280	11	0,227	-5,14
Тестирана вредност Ni = 52 mg/kg								
Централна зона	52	57,86	16,88	2,34	2,50	51	0,016	5,86
Приградска зона	46	58,61	20,86	3,08	2,15	45	0,037	6,61
Спољна зона	16	49,03	21,64	5,409	-0,55	15	0,591	-2,97
Рубна зона	12	37,82	10,54	3,04	-4,66	11	0,001	-14,18

4.5.2. Степен загађења земљишта тешким металима у односу на тип њиховог коришћења

Резултати корелационе матрице показали су да у истраженим земљиштима паркова за Zn постоје статистички значајне корелације са Cu ($r=0,765^{**}$) и Cd ($r=0,373^*$), док је Cu овде поред Zn и у значајној корелацији са Cd ($r=0,513^{**}$), Pb ($r = 0,504^{**}$), Cr ($r=0,346^*$) и Ni ($r=0,366^*$). Такође, у истраженим земљиштима паркова утврђено је да постоји значајна корелација и између Cr и Ni ($p=0,682^{**}$). У истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона утврђено је да је Zn у значајној корелацији са Cu ($r=0,651^*$), Cd ($r=0,807^{**}$) и Pb ($p=0,873^{**}$), док је Pb овде поред Zn и у значајној корелацији још само са Cd ($r=0,942^{**}$). У истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта Zn је у значајним корелацијама са свим испитаним тешким металима и то: Cu ($r=0,421^{**}$), Cd ($r=0,845^{**}$), Pb ($r=0,332^{**}$), Cr ($r=0,538^{**}$) и Ni ($r=0,289^*$). У истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта Cu је у значајним корелацијама са Cd ($r=0,353^*$), Cr ($r=0,430^{**}$) и Ni ($r=0,453^{**}$). Cd је овде у значајној корелацији и са Pb ($r=0,320^{**}$), Cr ($r=0,558^{**}$) и Ni ($r=0,305^*$), док је Cr овде у значајној корелацији са Ni ($r=0,743^{**}$). У истраженим земљиштима урбаних шума Zn је у значајној корелацији само са Cu ($r=0,726^{**}$), а Cu је још у значајним корелацијама и са Cr ($r=0,579^*$) и Ni ($r=0,493^*$). У истраженим земљиштима урбаних шума Cd је у значајним корелацијама са Ni ($r = -0,514^*$). Значајна корелација утврђена је и за Cr и Ni ($r=0,738^{**}$) (Табела 161).

Корелациона матрица показала је да је Zn високо значајно корелисан ($p<0,001$) са Cu у истраженим земљиштима паркова, значајно ($p<0,01$) у земљиштима уз саобраћајна чворишта, и урбаних шума, а ниско ($p<0,05$) у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона. Zn је даље високо значајно корелисан са Cd ($p<0,001$) само у земљиштима уз саобраћајна

чворишта, а значајно у земљиштима индустријских комплекса ($p < 0,01$), док је ниско корелисан ($p < 0,05$), у истраженим земљиштима паркова. Zn је значајно корелисан и са Pb ($p < 0,01$) и то у истраженим земљиштима паркова, индустријских комплекса/зона и уз саобраћајна чворишта. Ca Cr, Zn је високо значајно корелисан ($p < 0,01$) у земљиштима уз саобраћајна чворишта, а са Ni је овде ниско значајно корелисан ($p < 0,05$). Cu је поред Zn такође високо корелисан ($p < 0,01$) са Cr и Ni у истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта, а у земљиштима паркова и урбаних шума је са њима ниско значајно корелисан ($p < 0,05$). Cu са Cd је значајно корелисан ($p < 0,01$) у истраженим земљиштима паркова и уз саобраћајна чворишта, а са Pb у истраженим земљиштима паркова. Поред наведених парова Cd је у високој значајној корелацији ($p < 0,001$) и са Pb и то у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона, а значајно корелисан ($p < 0,01$) у земљиштима уз саобраћајна чворишта. Cd је и са Cr високо значајно корелисан ($p < 0,001$) у земљиштима уз саобраћајна чворишта, док је са Ni значајно корелисан ($p < 0,001$) у овим и земљиштима урбаних шума. Cr и Ni високо су значајно корелисани ($p < 0,001$) у истраженим земљиштима паркова, уз саобраћајна чворишта и урбаних шума, док у земљиштима индустријских комплекса/зона они нису корелисани.

Table 161. Корелациона матрица између концентрација тешких метала у земљиштима Београда различитих типова њиховог коришћења

Тешки метали		Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni
Zn	Pearson Correlation	1					
	Sig. (2-tailed)						
	N	34					
Cu	Pearson Correlation	0,765**	1				
	Sig. (2-tailed)	0,000					
	N	34	34				
Cd	Pearson Correlation	0,373*	0,513**	1			
	Sig. (2-tailed)	0,030	0,002				
	N	34	34	34			
Pb	Pearson Correlation	0,311	0,504**	0,277	1		
	Sig. (2-tailed)	0,074	0,002	0,113			
	N	34	34	34	34		
Cr	Pearson Correlation	0,280	0,346*	0,197	0,000	1	
	Sig. (2-tailed)	0,109	0,045	0,265	1,000		
	N	34	34	34	34	34	
Ni	Pearson Correlation	0,206	0,366*	0,142	0,011	0,682*	1
	Sig. (2-tailed)	0,243	0,033	0,422	0,951	0,000	
	N	34	34	34	34	34	34
Паркови							
Zn	Pearson Correlation	1					
	Sig. (2-tailed)						
	N	64					
Cu	Pearson Correlation	0,421**	1				
	Sig. (2-tailed)	0,001					
	N	64	64				
Cd	Pearson Correlation	0,845**	0,353**	1			
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,004				
	N	64	64	64			
Pb	Pearson Correlation	0,332**	0,208	0,320*	1		
	Sig. (2-tailed)	0,007	0,099	0,010			
	N	64	64	64	64		
Cr	Pearson Correlation	0,538**	0,430**	0,558*	0,234	1	
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,062		
	N	64	64	64	64	64	
Ni	Pearson Correlation	0,289*	0,453**	0,305*	0,152	0,743*	1
	Sig. (2-tailed)	0,021	0,000	0,014	0,232	0,000	
	N	64	64	64	64	64	64
Саобраћајна чворишта							
Zn	Pearson Correlation	1					
	Sig. (2-tailed)						
	N	18					
Cu	Pearson Correlation	0,726*	1				
	Sig. (2-tailed)	0,001					
	N	18	18				
Cd	Pearson Correlation	0,157	0,143	1			
	Sig. (2-tailed)	0,533	0,572	0,351			
	N	18	18	18			
Pb	Pearson Correlation	-0,255	-0,144	0,320*	1		
	Sig. (2-tailed)	0,307	0,568	0,012			
	N	18	18	18	18		
Cr	Pearson Correlation	0,391	0,579*	-0,058	0,137	1	
	Sig. (2-tailed)	0,109	0,493*	0,820	0,588		
	N	18	18	18	18	18	
Ni	Pearson Correlation	0,287	0,493*	-0,514*	-0,218	0,738**	1
	Sig. (2-tailed)	0,248	0,037	0,029	0,384	0,000	
	N	18	18	18	18	18	18
Индустријски комплекси/зоне							
Zn	Pearson Correlation	1					
	Sig. (2-tailed)						
	N	10					
Cu	Pearson Correlation	0,651*	1				
	Sig. (2-tailed)	0,042					
	N	10	10				
Cd	Pearson Correlation	0,807**	0,479	1			
	Sig. (2-tailed)	0,005	0,161	0,110			
	N	10	10	10			
Pb	Pearson Correlation	0,873**	0,536	0,942**	1		
	Sig. (2-tailed)	0,001	0,249	0,000			
	N	10	10	10	10		
Cr	Pearson Correlation	-0,025	0,304	0,304	0,335	1	
	Sig. (2-tailed)	0,944	0,394	0,394	0,344		
	N	10	10	10	10	10	
Ni	Pearson Correlation	-0,109	0,613	0,613	-0,043	0,613	1
	Sig. (2-tailed)	0,765	0,060	0,060	0,907	0,060	
	N	10	10	10	10	10	10
Урбане шуме							
Zn	Pearson Correlation	1					
	Sig. (2-tailed)						
	N	64					
Cu	Pearson Correlation	0,421**	1				
	Sig. (2-tailed)	0,001					
	N	64	64				
Cd	Pearson Correlation	0,845**	0,353**	1			
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,004				
	N	64	64	64			
Pb	Pearson Correlation	0,332**	0,208	0,320*	1		
	Sig. (2-tailed)	0,007	0,099	0,010			
	N	64	64	64	64		
Cr	Pearson Correlation	0,538**	0,430**	0,558*	0,234	1	
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,062		
	N	64	64	64	64	64	
Ni	Pearson Correlation	0,289*	0,453**	0,305*	0,152	0,743*	1
	Sig. (2-tailed)	0,021	0,000	0,014	0,232	0,000	
	N	64	64	64	64	64	64

** Корелација значајна на 0,01 нивоу (2-tailed),

* Корелација значајна на 0,05 нивоу (2-tailed),

На основу ових података може се закључити да су значајне корелације присутне у свим типовима коришћења земљишта. У истраженим земљиштима паркова утврђено је да је Cu у значајној корелацији са свим истраживаним тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni). У истраженим земљиштима паркова у значајној корелацији су и Zn и Cd ($p < 0,001$) и Cr и Ni ($p < 0,001$). У земљиштима индустријских комплекса/зона Zn је у значајној корелацији са Cu ($p < 0,05$), Cd ($p < 0,01$), Pb ($p < 0,01$), Cd и Pb ($p < 0,001$). У истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта уочене су значајне корелације између већине тешких метала. Овде су Zn и Cd у међусобној значајној корелацији са свим истраживаним тешким металима, док Cu овде једино није у значајној корелацији са Pb. Овде су Cr и Ni у међусобној значајној корелацији са свим осталим истраживаним тешким металима осим са Pb. У истраженим земљиштима урбаних шума утврђено је да је Cu у значајној корелацији са Zn ($p < 0,01$), Cr ($p < 0,05$) и Ni ($p < 0,05$), док је Cd овде у значајној корелацији са Ni ($p < 0,05$) као и Cr са Ni ($p < 0,001$).

Порекло тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраженим земљиштима различитих типова коришћења земљишта Београда добијено је резултатима PCA теста (Табела 162). Ови резултати показали су да две главне компоненте заједно описују преко 60 % укупне варијансе, у три скупа, док је у четвртном скупу описано је три главне компоненте. PCA у истраженим земљиштима паркова Београда, показала је да две компоненте заједно описују 69,62 % варијабилности, где су тешки метали Zn, Cu и Pb високо позитивно, а Cd значајно позитивно корелисани са првом компонентом (PC1) која објашњава 39,32 % варијабилност. Другу компоненту (PC2) описује 30,30 % варијабилности и у њој су високо позитивно корелисани Cr и Ni. У истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона 83,34 % описује две компоненте, где прву описује 51,99 % и у њој су високо корелисани Zn, Cd и Pb, а Cu је значајно позитивно корелисан, док другу описује 31,34 % и у њој су високо корелисани Cr и Ni, а ниско Cu. У истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта резултати PCA теста показују да две компоненте описују 70,32 % варијабилности, где су у првој компоненти (PC1 36,48 %) високо позитивно корелисани тешки метали Cr и Ni, а значајно Cu, док су у другој компоненти (PC2) високо корелисани Zn и Cd, а Pb је овде значајно корелисано (33,84 %). Истражена земљишта урбаних шума заједно описују 88,97 % варијабилности у три компоненте. Прву компоненту (PC1) описује 33,76 %, где је високо позитивно корелисан са Cu и Zn, док другу компоненту (PC2) овде описује 32,53 % у којој су високо корелисани Cr и Ni, а ниско негативно Cr и Ni са Cd. Трећу компоненту (PC3) описује 22,68 % и у њој је високо позитивно корелисано Pb, а ниско позитивно Cd.

Табела 162. Матрица PCA анализе присуства тешких метала у земљиштима Београда различитих типова њиховог коришћења са кумулативним процентом

Ротирана матрица компоненти ^{a,b}

Тешки метали	Паркови (n=34)		Индустријски комплекси/зона (n=10)		Саобраћајна чворишта (n=64)		Урбане шуме (n=18)		
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC3
Zn	0,776	0,238	0,961	-0,081	0,335	0,848	0,902	0,087	-0,163
Cu	0,875	0,316	0,621	0,532	0,643	0,266	0,864	0,338	0,006
Cd	0,665	0,122	0,925	0,119	0,333	0,839	0,430	-0,599	0,584
Pb	0,724	-0,195	0,965	0,096	0,012	0,653	-0,208	0,020	0,930
Cr	0,129	0,897	0,135	0,816	0,834	0,331	0,434	0,786	0,305
Ni	0,096	0,897	-0,076	0,949	0,925	0,013	0,221	0,923	-0,188
Eingen-вредност	2,359	1,818	3,120	1,880	2,189	2,031	2,026	1,952	1,361
% variance explained	39,322	30,302	51,998	31,341	36,478	33,843	33,759	32,527	22,683
Cumulative % variance	39,322	69,624	51,998	83,339	36,478	70,321	33,759	66,285	88,968

Extraction Method: Principal Component Analysis, Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization, b, Rotation converged in three iterations, Урбане шуме Rotation converged in 11 iterations.

Вредности индекса загађења земљишта различитих типова његовог коришћења приказани су у Табели 163. PI вредност истражених земљишта паркова показала је да се оно налази у класи ниско загађених земљишта у погледу Pb, Cu и Zn, с обзиром да се PI вредност за ове метале кретала у распону од 1,23-1,27, док је оно за Cr, Ni и Cd у класи незагађених земљишта. Међутим, треба нагласити да се PI вредност за Ni (0,97) и Cr (0,89) налазе на горњој граници ове класе, док је за Cd (0,29) на доњој граници. Највиша PI вредност у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона утврђена је за Zn (2,18), тако да она овде припадају класи средње загађених, док добијене вредности PI за Pb (1,54), Ni (1,49), Cu (1,46), Cd (1,38) и Cr (1,25) показују да су ова земљишта ниско загађења овим металима. Такође, и истражена земљишта уз саобраћајна чворишта показала су више PI вредности у односу на земљишта паркова, тако да у погледу Pb (2,09) и Zn (2,05) припадају класи средње обезбеђених овим металима, а у погледу осталих истраживаних метала (Cu, Cd, Cr и Ni) у класи ниско загађених земљишта, с обзиром да се PI вредност кретала у распону од 1,05-1,49. У истраженим земљиштима урбаних шума утврђене вредности PI свих истраживаних метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) показују да припадају класи ниско загађених овим металима, међутим PI вредности за Zn (0,96), Cr (0,94) и Ni (0,91) су овде на самој горњој граници ове класе, док су овде за Cu (0,62), Pb (0,57) и Cd (0,33) добијене знатно ниже вредности PI.

Табела 163. Вредности индекса загађења тешким металима земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења

Тип коришћења земљишта	PI Value						PI _{Nemerov}	PLI	RI
	Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni			
Паркови	1,23	1,25	0,29	1,27	0,89	0,97	0,66	1,34	30,44
Индустријски комплекси/зоне	2,18	1,46	1,38	1,54	1,25	1,49	0,89	1,45	68,60
Саобраћајна чворишта	2,05	1,49	1,05	2,09	1,23	1,08	1,05	1,44	61,36
Урбане шуме	0,96	0,62	0,33	0,57	0,94	0,91	0,49	1,28	24,91

Највиши PI_{Nemerov} индекс утврђен је за земљишта уз саобраћајна чворишта (1,05), тако да ова земљишта припадају класи ниско загађених (PI_{Nemerov} 1-2). Затим у опадајућем низу утврђен је и PI_{Nemerov} индекс истражених земљишта индустријских комплекса/зона (0,89) који ова земљишта сврстава у класу границе упозорења (*warning limita* 0,7-1). Према PI_{Nemerov} индексу истражена земљишта паркова (0,66) и урбаних шума (0,49) припадају класи чистих земљишта (PI_{Nemerov} ≤0.7), међутим земљишта паркова се према овом индексу налазе на горњој граници ове класе. Индекси оптерећења загађењем (PLI) крећу се у распону од 1,28-1,45 што показује да су сва истражена земљишта различитих типова њиховог коришћења у категорији погоршања квалитета земљишта (PLI>1). Потенцијални еколошки ризик (RI) у истраженим земљиштима различитих типова њиховог коришћења су нижи од граничне вредности <90, што указује да су ова земљишта ниског еколошког ризика. Највиши RI забележен је у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона (68,60) и уз саобраћајна чворишта (61,36), док његова вредност знатно опада у истраженим земљиштима паркова (30,44) и урбаних шума (24,91).

Резултати t-теста показују да статистичке значајне разлике између референтних вредности и добијених средњих вредности концентрација истраживаних тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраженим земљиштима Београда, различитих типова његовог коришћења простора приказани су Табели 164. Ради утврђивања степена загађења извршено је поређење средњих вредности концентрација истраживаних тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у земљиштима различитих типова коришћења у односу на њихове референтне вредности. Применом t-теста утврђено је да постоје статистички значајне разлике између референтне вредности Zn (68,14 mg/kg) и његових средњих вредности концентрација у истраженим земљиштима паркова (t=3,646; p<0,01), индустријских комплекса/зона (t=3,695; p<0,01) и уз саобраћајна чворишта (t=6,151; p<0,01). Истражена земљишта урбаних шума не показују да се средња вредност концентрације Zn овде значајно разликује од његове референтне вредности.

Утврђена је и значајна разлика између средњих вредности концентрација Cu различитих типова коришћења земљишта у односу на његову референтну вредност (31,8 mg/kg). t вредност земљишта урбаних шума ($t=-16,833$) била је негативна што указује да је једина била нижа од референтне вредности (31,8 mg/kg). Резултат t -теста показао је да постоје статистички значајне разлике између референтне вредности Cd (0,86 mg/kg) у односу на његове средње вредности концентрација у истраженим земљиштима паркова ($t=-17,805$; $p<0,01$), индустријских комплекса/зона ($t=2,755$; $p<0,05$), уз саобраћајна чворишта ($t=,500$; $p<0,05$) и урбаних шума ($t=-10,583$; $p<0,01$). Треба нагласити да су добијене средње вредности концентрација Cd у истраженим земљиштима паркова ($0,25\pm 0,20$ mg/kg) и урбаних шума ($0,28\pm 0,28$ mg/kg) знатно ниже од његове референтне вредности, на шта указује и негативна t -вредност. За разлику од претходних тешких метала, код референтне вредности Pb се његова референтна вредност (54,92 mg/kg) значајно разликује у односу на добијене средње вредности концентрација у истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта ($t=2,625$; $p<0,05$) и урбаних шума $t=-11,193$; $p<0,01$. Статистички значајна разлика утврђена је између референтне вредности Cr (52,40 mg/kg) и средње вредности концентрације Cr у истраженим земљиштима паркова ($t=-2,866$; $p<0,01$) и уз саобраћајна чворишта ($t=4,427$; $p<0,01$). За разлику од земљишта референтна вредност Ni (52 mg/kg) статистички се значајно разликује само од његове добијене средње концентрације у земљиштима индустријских комплекса/зона ($t=2,275$; $p<0,05$).

Табела 164. t -тест разлика између средњих вредности концентрација тешких метала у земљиштима Београда различитих типова њиховог коришћења и њихове референтне вредности

Тип коришћења земљишта	N	Средња вредност	Стандардна девијација	Стандардна грешка	t	df	Sig. (2-tailed)	Разлика средње вредности
Тестирана вредност Zn = 68,14 mg/kg								
Паркови	34	83,5138	24,58667	4,21658	3,646	33	0,001	15,37378
Индустријски	10	148,8059	69,03523	21,83086	3,695	9	0,005	80,66586
Саобраћајна чворишта	64	139,9688	93,41553	11,67694	6,151	63	0,000	71,82884
Урбане шуме	18	65,7535	7,52051	1,77260	-1,346	17	0,196	-2,38653
Тестирана вредност Cu = 31,8 mg/kg								
Паркови	34	39,8876	17,53538	3,00729	2,689	33	0,011	8,08765
Индустријски	10	46,4272	14,23669	4,50204	3,249	9	0,010	14,62718
Саобраћајна чворишта	64	47,4187	52,79714	6,59964	2,367	63	0,021	15,61870
Урбане шуме	18	19,6005	3,07488	0,72476	-16,833	17	0,000	-12,19954
Тестирана вредност Cd = 0,86 mg/kg								
Паркови	34	0,2497	0,19987	0,03428	-17,805	33	0,000	-0,61032
Индустријски	10	1,1852	0,37331	0,11805	2,755	9	0,022	0,32524
Саобраћајна чворишта	64	0,9020	0,67197	0,08400	0,500	63	0,619	0,04203
Урбане шуме	18	0,2795	0,23270	0,05485	-10,583	17	0,000	-0,58046
Тестирана вредност Pb = 54,92 mg/kg								
Паркови	34	69,7692	148,99177	25,55188	,581	33	0,565	14,84922
Индустријски	10	84,3753	60,02695	18,98219	1,552	9	0,155	29,45525
Саобраћајна чворишта	64	114,8670	182,67209	22,83401	2,625	63	0,011	59,94700
Урбане шуме	18	31,4038	8,91379	2,10100	-11,193	17	0,000	-23,51617
Тестирана вредност Cr = 52,40 mg/kg								
Паркови	34	46,8880	11,21377	1,92315	-2,866	33	0,007	-5,51201
Индустријски	10	65,4913	23,58550	7,45839	1,755	9	0,113	13,09128
Саобраћајна чворишта	64	64,6452	22,12926	2,76616	4,427	63	0,000	12,24518
Урбане шуме	18	49,3012	14,19247	3,34520	-0,926	17	0,367	-3,09881
Тестирана вредност Ni = 52 mg/kg								
Паркови	34	50,6094	11,06281	1,89726	-0,733	33	0,469	-1,39056
Индустријски	10	77,2604	35,10598	11,10148	2,275	9	0,049	25,26038
Саобраћајна чворишта	64	56,1683	17,23434	2,15429	1,935	63	0,057	4,16833
Урбане шуме	18	47,5065	20,20811	4,76310	-0,943	17	0,359	-4,49349

5. ДИСКУСИЈА

5.1. Физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима различитих урбанистичких зона града и варијабилност ових параметара у односу на степен урбанизације града

Урбанизација представља неизбежан утицај човека на животну средину. Данас више од половине укупне људске популације живи у градовима, тако да се слободно може рећи да човек живи у времену тзв. урбаног друштва (Wang et al., 2018). Општи раст укупне људске популације у свету као и интензиван процеси урбанизације у последњих 50 година резултирали су просторном експанзијом постојећих али и настанком великог броја нових градова (Marcotullio et al., 2008; Rockström et al., 2009; Morel et al., 2015; UN, 2019).

Земљишта у градовима се интензивно користе и за разлику од природних под јаким су утицајем човекових активности, односно антропогеног фактора. Процеси који се одвијају у земљиштима градских средина у великој мери се разликују од оних у природним или руралним, што је директна последица његовог интензивног загађења, другачијег матичног супстрата али и у њему депонованих разноврсних инертних материјала (Hu et al., 2013). Различите штетне материје које производи и употребљава модерно урбано друштво у великим размерама доспевају на саму површину урбаног земљишта, знатно утичући и мењајући његове и физичке и хемијске карактеристике. Земљишта у градовима изложена су непрекидној контаминацији различитим штетним материјама, међу којима су најчешће присутни тешки метали. Ови метали негативно утичу на све живе организме, а посебно на здравље људи јер преко земљишта и биљака улазе у ланце исхране, а тим путем и до самог човека. С друге стране, човеково здравље може бити нарушено и самим удисањем прашине (као оне дуж прометних градских саобраћајница) која садржи ове штетне елементе.

Ове разлике између природних (али и руралних) у односу на урбана земљишта стварају једну значајну основу за спровођење разних видова њиховог истраживања. Упоређујући физичке и хемијске карактеристике природних (и/или руралних) са истим тим карактеристикама урбаних земљиштима различитог степена урбанизације или типа њиховог коришћења, могу се добити важне информације о степену његових модификација, деградације, али и степену његовог загађења и ризика по градску животну средину и човека уопште.

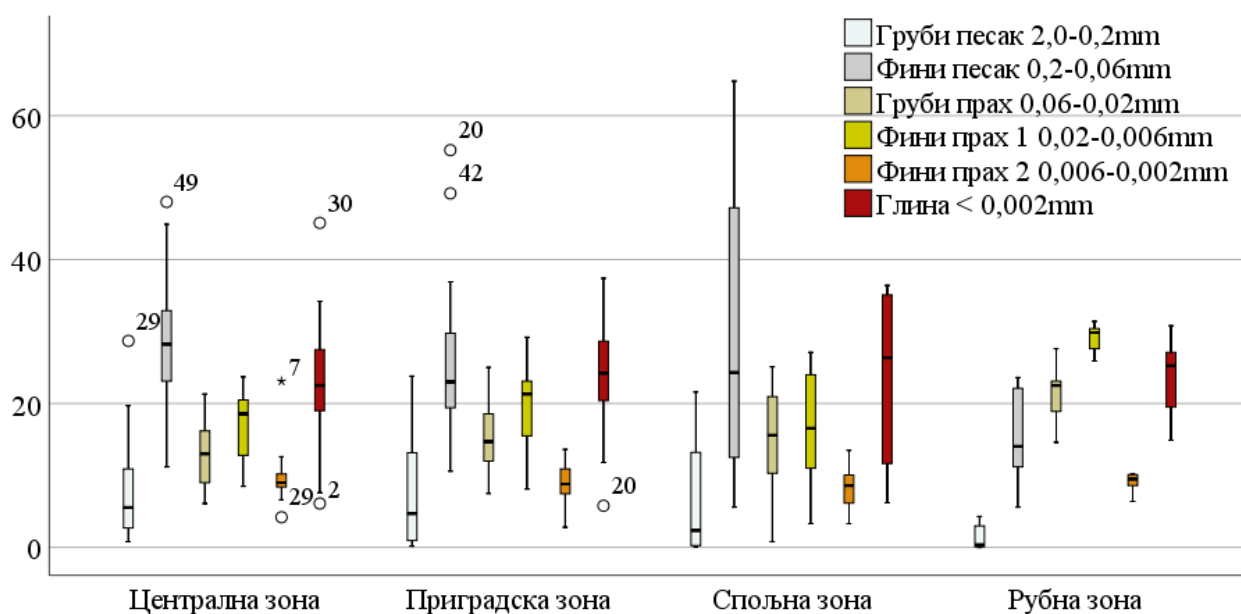
Као и друге светске метрополе и Београд је у другој половини XX века претрпео значајне промене услед интензивних процеса урбанизације, насељавања великог броја становника, убрзаног развоја саобраћајне инфраструктуре, пораста индустријске производње и сл. Све ове промене утицале су на укупно погоршање квалитета његове животне средине, а посебно стања и карактеристика (и физичких и хемијских) самог градског земљишта. Досадашња истраживања загађења земљишта Београда, између осталог показала су да постоји и њихова знатна контаминација тешким металима.

Урбана земљишта литолошки су често неповезана, тако да се сматра да је састав посебно минералне компоненте ових земљишта значајно измењен (Craul, 1992). Управо из тих разлога у истраживањима карактеристика минералне компоненте земљишта очекује се појава значајних разлика у погледу њиховог механичког састава у односу на природна земљишта, земљишта између различитих делова града који су били под утицајем и различитог степена урбанизације. Ове разлике се пре свега очекују у присуству минералне фракције песка која је у урбаним земљиштима више присутна као последица ерозије инертних материјала као што су бетон, цемент, малтер и други, а који се овде интензивно користе за изградњу објеката и градске инфраструктуре (Lu et al., 2009; Howard, 2017). Знатно веће присуство фракције песка у урбаним земљиштима (у односу на природна или у односу на различите делове града под различитим степеном урбанизације) очекује се и због знатног присуства различитог

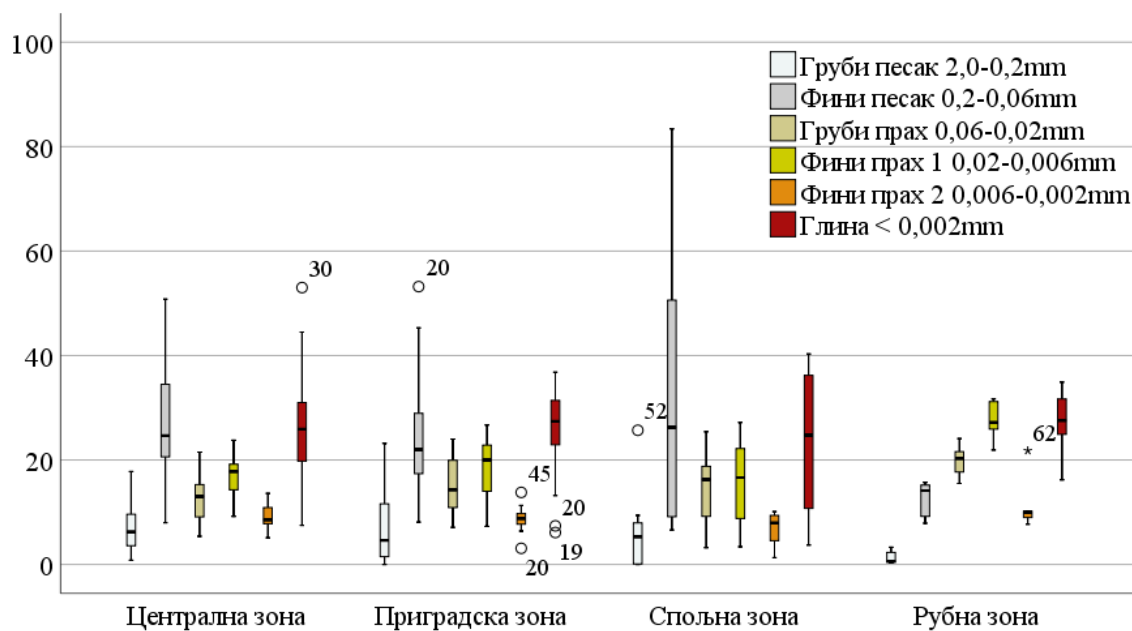
депонованог грађевинског материјала као и оног заосталог из процеса саме изградње објеката у граду.

Резултати истраживања физичких карактеристика земљишта Београда, односно његове минералне компоненте показали су да је највише средње процентуално присуство фракције грубог песка (2,0-0,2 mm) у површинским слојевима земљишта централне (8,23 %) и приградске урбанистичке зоне града (7,45 %). За разлику од фракције грубог песка највише средње процентуално присуство фракције финог песка (0,2-0,06 mm) утврђено је у површинским слојевима земљиштима спољне (29,80 %), а његово ниже процентуално присуство (15,10 %) у површинским слојевима земљиштима рубне урбанистичке зоне града (Графикон 1). ANOVA тест у погледу присуства фракције **груби песак** (2,0-0,2 mm) у површинским слојевима истражених земљишта Београда није показала статистички значајне разлике, док је за средње процентуално присуство фракције **фини песак** (0,2-0,06 mm) Tukey HSD тест показао да се површински слојеви истражених земљишта рубне урбанистичке зоне града значајно разликују од површинских слојева земљишта спољне урбанистичке зоне града (Sig. 0,037; P<0,05). Tukey HSD тестом такође је показано да се у погледу средњег процентуалног присуства фракције **грубог праха** (0,06-0,02 mm) истражена земљишта површинских слојева рубне значајно разликују од оних централне урбанистичке зоне града (Sig. 0,017; P<0,05). Такође, утврђена је значајна разлика у погледу средњег процентуалног присуства фракције грубог праха истражених земљишта доњих слојева рубне у односу на она централне (Sig. 0,002; P<0,01) и приградске урбанистичке зоне града (Sig. 0,030; P<0,05) (Графикон 2). У погледу средњег процентуалног присуства фракције **фини прах 1** (0,02-0,006 mm) резултати су показали да се у оба истражена слоја земљишта рубне урбанистичке зоне града, она значајно разликују од земљишта централне, приградске и спољне урбанистичке зоне града, на нивоу 0,01. Резултати истраживања показали су да између истражених земљишта различитих урбанистичких зона Београда не постоје значајне разлике у средњем процентуалном присуству фракције **глине**.

Резултати истраживања варијабилности минералне компоненте у истраженим земљиштима Београда у односу на припадност различитим урбанистичким зонама града, показала су да се овде посебно истиче варијабилност у погледу средњег процентуалног присуства **фракције праха** (грубог и финог).



Графикон 1. Гранулометријски састав површинских слојева земљишта различитих урбанистичких зона Београда



Графикон 2. Гранулометријски састав доњих слојева земљишта различитих урбанистичких зона Београда

Истраживања варијабилности минералне компоненте земљишта Торина (Италија) Biasioli et al. (2006), за разлику од резултата добијених истраживањем земљишта Београда, показала су да земљишта урбане зоне имају знатно више присуство фракције песка (702 g/kg) у односу на земљишта руралне зоне града (565 g/kg). С друге стране, у погледу средњег процентуалног присуства фракције праха (грубог и финог) у односу на различите урбанистичке зоне Торина (Италија), где је утврђено да је његово средње процентуално присуство у земљиштима руралне (352 g/kg) више у односу на добијене вредности у земљиштима урбане зоне града (210 g/kg), што показује подударност са резултатима истраживања у Београду. Поређивањем резултата добијених истраживањем земљишта Београда у погледу процентуалног учешћа различитих минералних компоненти са резултатима добијених истраживањима у другим градовима може се закључити да овде постоји варијабилност. Тако, резултати истраживања земљишта Београда показују да она имају највиши процента праха, док су истраживања у Торину показала да је у тим земљиштима доминантна фракција песка (Biasioli et al. 2006). Такође, истраживања површинских слојева земљишта централне зоне Новог Сада, за разлику од резултата добијених истраживањем земљишта у Београду показала су високо присуство фракције песка од 76,3 %, а знатно ниже праха 15,3 % и глине 8,4 % (Mihailović et al., 2015). Ове разлике доводе се у везу и са особинама и карактером различитих геолошких подлога.

У погледу варијабилности процентуалног учешћа различитих минералних компоненти у односу на дубину земљишта и припадности различитим урбанистичким зонама града резултати ових истраживања (дво-факторијална анализа варијансе) показали су да не постоје статистички значајне разлике када су у питању истражена земљишта Београда. Овај резултат у сагласности је са истраживањима Madrid et al. (2002) који су такође утврдили да је разлика у погледу процентуалног присуства различитих фракција земљишта између површинских и доњих слојева земљишта занемарљива.

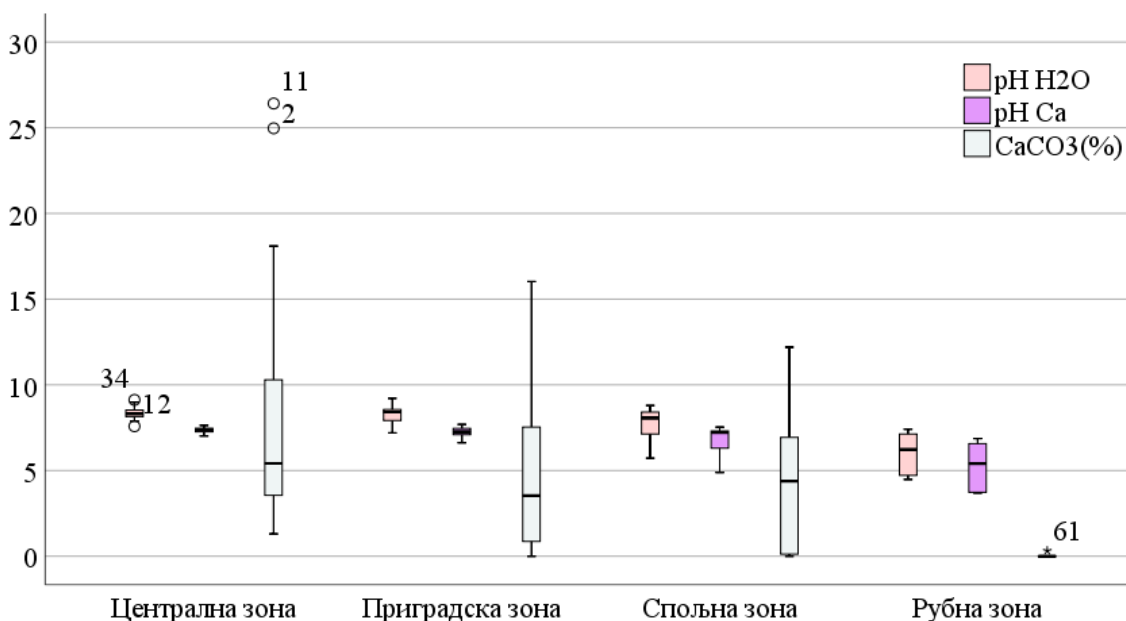
На основу анализе варијабилности физичких карактеристика истражених земљишта Београда у односу на степен урбанизације града може се закључити да је антропогени фактор највише утицао на повећање присуства фракције финог песка у земљиштима централне у односу на истражена земљишта рубне урбанистичке зоне града. Утврђено је и да се у истраженим земљиштима Београда у погледу средњег процентуалног присуства фракције грубог праха површински и доњи слојеви рубне урбанистичке зоне значајно разликују од површинских и доњих слојева централне и приградске урбанистичке зоне. Посебно се издваја

и разлика средњег процентуалног присуства фракције финог праха 1 између истражених земљишта рубне и свих остали (централне, приградске и спољне) урбанистичких зона града. Резултати су показали да не постоје значајне разлике у процентуалном присуству фракције глине између истраживаних земљишта урбанистичких зона града. Истраживања земљишта површинских слојева Београда показала су да највећи број њих 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 иловача. Делимичну подударност показала су истраживања текстурних класа урбаних земљишта Севиле (Италија) чији резултати показују да она припадају класама глиновитих иловача, иловача и песковитих иловача (Madrid et al., 2004).

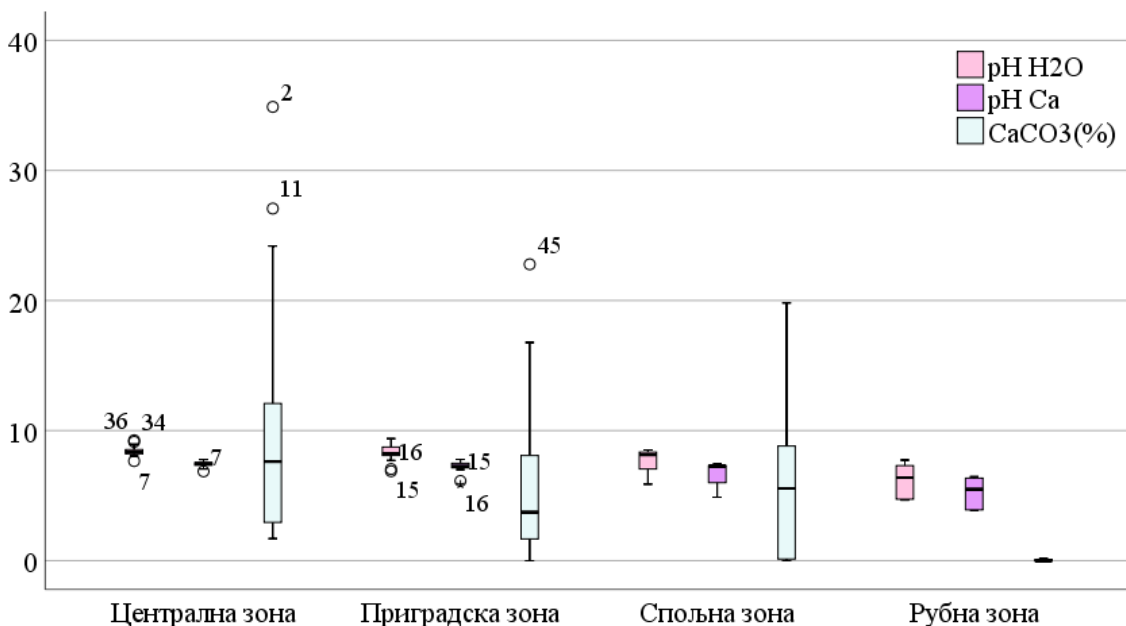
Познато је да су хемијске карактеристике урбаних земљишта под интензивним утицајем процеса урбанизације (Pickett et al., 2001; Vodyanitskii, 2015). У граду услед разградње антропогених, вештачких материјала као што су цемент, малтер, бетон и слични грађевински материјали на бази кречњака у урбаним земљиштима долази до интеракције базних катјона, рН и доступности макро и микро елемената. Ови услови у урбаним земљишту утичу на повећано присуство Са што се сматра уобичајеном појавом када су ова земљишта у питању (Jim, 1998ab; Pouyat et al., 2007b; Pickett and Cadenasso, 2009). Још једна особеност урбаних земљишта, која је повезана са присуством антропогених и различитих грађевинских материјала, посебно оних који су хемијски активни, јесте да она теже да имају **рН вредности** нешто више или знатно више у односу на оне у природним земљиштима непосредне околине града (Vratuša, 1986; Вратуша, 1999; Alexandrovskaya and Alexandrovskiy, 2000; Howard, 2017). Резултати истраживаних земљишта различитих урбанистичких зона Београда, показала су да се средње вредности rH_{H_2O} и rH_{Ca} у оба слоја истражених земљишта разликују у односу на њихову припадност различитим урбанистичким зонама града. Највиша средња rH_{H_2O} вредност у води у оба слоја земљишта измерена је у земљиштима централне урбанистичке зоне града (8,33), а нешто нижа у земљиштима приградске (8,24), спољне (7,72), а најнижа у земљиштима рубне урбанистичке зоне града (6,03). И највише средње вредности rH_{Ca} у оба слоја истражених земљишта Београда измерене су у централној (7,35), нешто ниже у приградској (7,23), спољној (6,76), а најниже у рубној урбанистичкој зони града (5,28). Резултати су показали да и за активну и за супституциону киселост у оба слоја истражених земљишта постоје статистички значајне разлике између њихових средњих вредности добијених за рубну урбанистичку зону града у односу на оне у земљиштима централне, приградске и спољне урбанистичке зоне града (Графикон 3 и 4). До сличних резултата дошли су и Lu et al. (2009) истражујући рН вредности земљишта града Хангзоу (Кина). Они су утврдили да је највиша рН вредност у урбаној зони града (7,9) док је њена вредност у природном земљиштима у непосредној близини града била знатно нижа (5,5). И у земљиштима урбане зоне града Торина (Италија) измерене су знатно више неутралне до алкалне реакције рН вредности (7,2) у односу на оне у земљиштима руралне зоне града где је реакција била умерено кисела, са средњом рН вредношћу од 5,6 (Biasioli et al., 2006). Doichinova et al. (2006) истраживајући рН вредности у земљиштима различитих урбанистичких зона Софије (Бугарска) утврдили су да су ове вредности у земљиштима урбане зоне града знатно више, а посебно у површинским слојевима земљишта где су се кретале у распону 5,30-7,05, а у доњим слојевима од 4,25-7,50, док су се ове вредности у субурбаној зони града (посебно у земљиштима урбаних шума) кретале у распону од 5,30-6,65 у површинским слојевима земљишта, а у доњим од 4,90-6,35.

Утврђено је да присуство $CaCO_3$ у истраженим земљиштима Београда у оба слоја прати реакцију земљишта, тако да је и овде његово највише средње процентуално присуство измерено у површинским (8,19 %) и доњим слојевима земљишта (9,68 %) централне, а најниже у површинским (0,05 %) и доњим (0,04 %) слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне града. Као и рН вредност, утврђено је да присуство $CaCO_3$ расте са дужином земљишта, осим у доњим слојевима земљиштима рубне урбанистичке зоне града где незнатно опада. Такође, у погледу присуства $CaCO_3$ у оба слоја истражених земљишта Београда утврђене су значајне

разлике само између земљишта централне и рубне урбанистичке зона, у оба његова слоја (Графикон 3 и 4).



Графикон 3. Средња вредност рН_{Н₂О}, рН_{Са} и СаСО₃ у површинским слојевима истражених земљиштима различитих урбанистичких зона Београда



Графикон 4. Средња вредност рН_{Н₂О}, рН_{Са} и СаСО₃ у доњим слојевима истражених земљиштима различитих урбанистичких зона Београда

Урбанизација утиче на измену састава и структуре вегетације, а самим тим и на извор и квалитет органске материје у земљишту (Beuer et al., 2001). Ова материја у земљишту игра важну улогу у његовој плодности, а главни је извор хранљивих састојака у земљишту (као што су С, N, P, и изменљивих база), она утиче на одвијање биогеохемијског циклуса, као и на структуру и порозност земљишта, на његову способности да задржи воду и хранљиве материје. Једном речју, количина и квалитет органске материје су важни показатељи квалитета и

функционисања земљишта (Lal and Augustin, 2012; Brock et al., 2017; Asabere et al., 2018). Међутим, циклус кружења органске материје у урбаним земљиштима је поремећен, првенствено услед сталног уклањања биљних остатака са површине земљишта када се количине хумуса у земљишту смањују. С друге стране, услед интензивног прихрањивања зелених површина у градовима количине хумуса могу бити и исте као у природним срединама (Trowbridge and Bassuk, 2004).

Истраживања земљишта Београда показала су да је највиша средња вредност хумуса у оба слоја земљишта измерена у истраженим земљиштима рубне зоне града, као и да садржај хумуса у свим урбанистичким зонама Београда, опада са његовом дужином. Највиша средња вредност хумуса измерена је у површинским (4,55 %) и доњим (3,16 %) слојевима земљишта рубне, затим површинским (4,49 %) и доњим (2,94 %) слојевима централне, површинским (4,21 %) и доњим (2,81 %) приградске, а најнижа у површинским (3,00 %) и доњим (2,12 %) слојевима земљишта спољне урбанистичке зоне града. До сличних резултата дошли су и Oktaba et al. (2018) истражујући земљишта Прушкова (Пољска) која су показала да је било два пута више хумусних материја у земљиштима централне зоне (14,5 g/kg) у односу на спољну урбанистичку зону града (6,0 g/kg).

Биогеохемијски циклус **C** и **N** у урбаним у односу на природна земљишта је измењен, првенствено услед антропогеног утицаја на квалитет и количину биљних остатака на самој површини урбаног земљишта. Генерално, складиштење земљишног **C** и **N** и у површинским и у доњим слојевима урбаних земљишта веома варирају (Kaue et al., 2006).

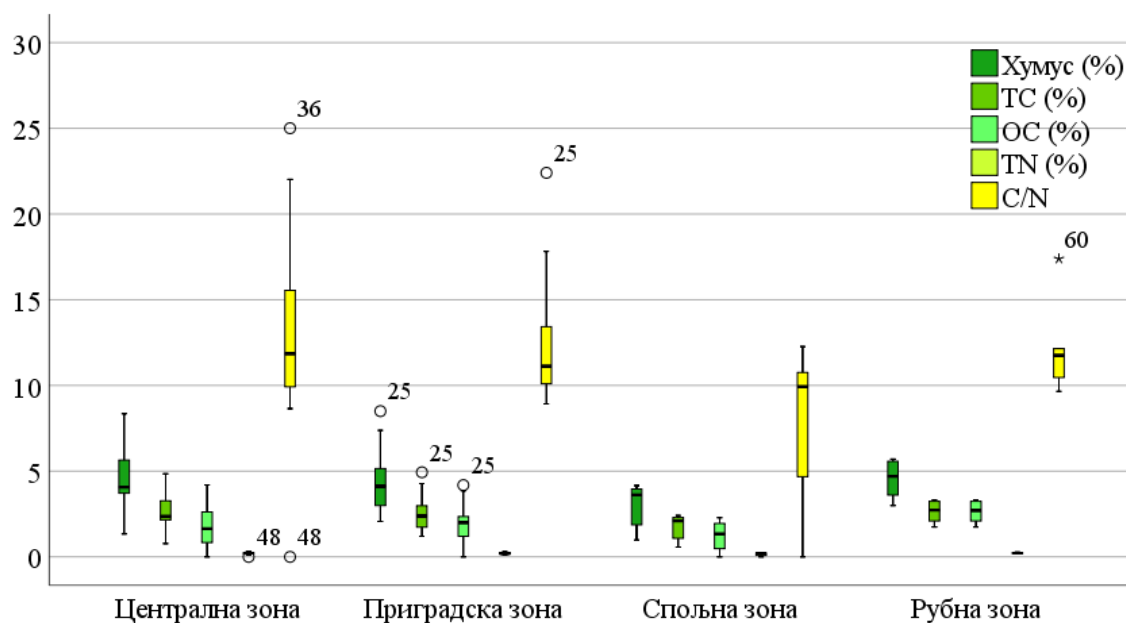
Резултати добијени истраживањем земљишта Београда показују да је садржај **ТС** у оба слоја земљишта највиши у површинским (2,64 %) и доњим (1,83 %) слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне што је и очекивано с обзиром да су то земљишта природна, односно блиска природним и са њих се не уклања биљни материјал (Графикон 5 и 6). Међутим, земљишта централне урбанистичке зоне града имају нешто нижу средњу вредност **ТС** у површинским (2,60 %) и доњим (1,70 %) слојевима земљишта, док та вредност даље опада у површинским (2,44 %) и доњим (1,63 %) слојевима земљишта приградске, а најнижа је у површинским (1,74 %) и доњим (1,23 %) слојевима земљиштима спољне урбанистичке зоне града. Треба истаћи и да је у земљиштима приградске урбанистичке зоне града измерена максимална вредност **ТС** и то у површинском (4,93 %) и доњем (3,91 %) слоју земљишта, док је ова минимална вредност измерена у површинском (0,57 %) и доњем (0,31 %), слоју земљишта спољне урбанистичке зоне града. Ови резултати су показали да је разлика у средњим вредностима **ТС** рубне, централне и приградске урбанистичке зоне града, незнатна. Такође и једнофакторска анализа варијансе показала је да статистички значајне разлике у средњим вредностима **ТС** постоје само између површинских слојева земљишта централне и спољне урбанистичке зоне града, док у осталим случајевима оне нису статистички значајне. На основу овога може се закључити да је у земљиштима централне, приградске и спољне урбанистичке зоне града дошло до обогаћивања земљишта **C**, посебно његових површинских слојева (Графикон 5 и 6). У сагласности са резултатима добијеним истраживањем земљишта Београда су и резултати истраживања Wang et al. (2017) који су показали да земљишта руралне зоне Ксиамена (Кина) садрже само нешто више укупног **ТС** у односу на земљишта субурбне и руралне зоне града. Ови аутори истакли су и да антропогени утицај у граду на садржај **C** није линеаран, већ да се он може повећати или смањити у различитим урбанистичким зонама града. Обогаћивања урбаних земљишта **C** потврђено је у више светских метропола: Москви (Русија) (Vodyanitskii, 2015), Штутгару и Росту (Немачка) (Lorenz et al., 2006), Балтимору (САД) (Pickett et al., 2008) и др.

Садржај **ОС** у истраживаним земљиштима урбанистичких зона Београда не прати садржај хумуса и **ТС**. Наиме, највиши садржај **ОС** је као и за хумус и **ТС** измерен у површинским слојевима земљиштима рубне урбанистичке зоне (2,63 %), међутим даље у низу су средње вредности земљишта приградске (1,91 %), централне (1,72 %), а најниже у земљиштима спољне урбанистичке зоне града (1,23 %). Средњи садржај **ОС** у доњим слојевима земљишта прате његове средње вредности у површинским слојевима, тако да је највиши садржај **ОС**

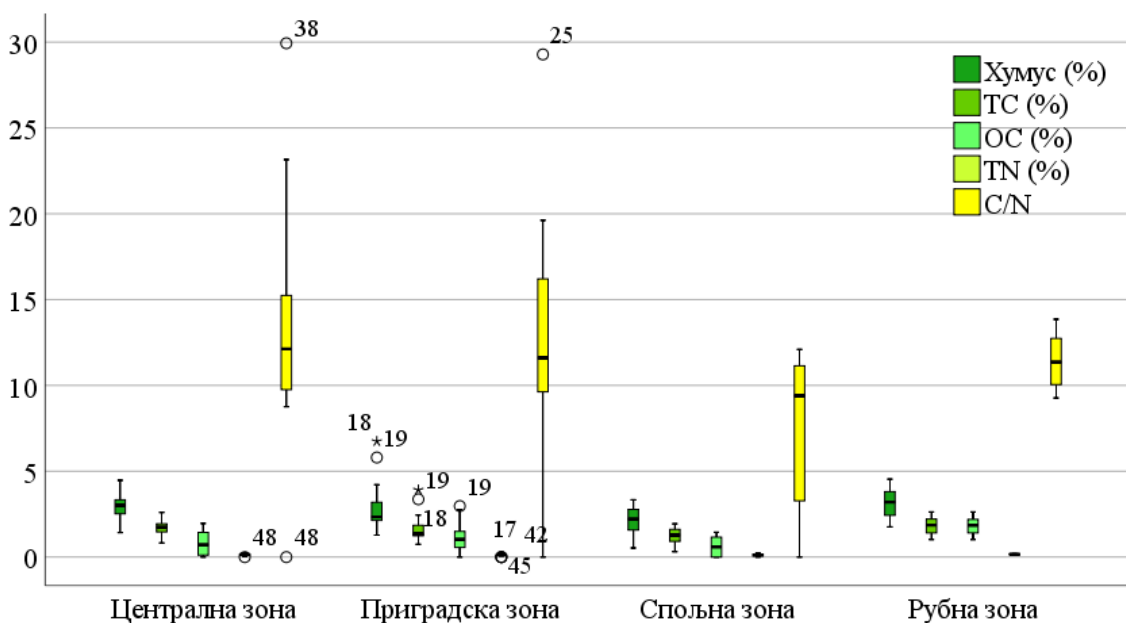
измерен у доњим слојевима истраженим земљиштима рубне (1,83 %), приградске (1,1 %), централне (0,81 %), а најниже у истраженим земљиштима спољне урбанистичке зоне града (0,32 %) (Графикон 5 и 6). Rodrigues et al. (2013) истраживањем земљишта града Порто (Португал) такође су показали да је виши садржај ОС у руралним земљиштима (3,7 %) у односу на урбана (2,6 %). За разлику од приказаних резултата истраживања Biasioli et al. (2006) земљишта Торина (Италија) показала су да је виши садржај ОС био у земљиштима урбане зоне града (16 g/kg) у односу на земљишта руралне (15 g/kg). И Foti et al. (2017) истраживањем земљишта у различитим урбаним зонама Париза (Француска) утврдили су да је највиши садржај ОС био у истраженим земљиштима урбане зоне града (25,1 g/kg) у односу на земљишта субурбане зоне града (25,4 g/kg) и руралне (8,6 g/kg).

Садржај TN у истраженим земљиштима Београда прати садржај хумуса и ТС. Највиша његова средња вредност у истраживаним земљиштима различитих урбанистичких зона Београда измерена је у површинским (0,22 %) и доњим (0,16 %) слојевима рубне урбанистичке зоне града. Идентичне средње вредности TN утврђене су у површинским слојевима централне и приградске урбанистичке зоне града (0,20 %), а најнижа његова средња вредност измерена је у површинским (0,15 %) и доњим (0,11 %) слојевима земљишта спољне урбанистичке зоне града (Графикон 5 и 6). Добијене вредности у сагласности су са истраживањима Doichinova et al. (2006) која су показала да се више вредности N јављају у површинским слојевима земљишта сурбаних шума Софије (Бугарска) (0,26-0,37 %) у односу на његове вредности у површинским слојевима земљиштима урбаних шума (0,14-0,21 %). Истраживања земљишта Београда показала су и да, као и садржај ТС и садржај TN опада са његовом дубином али да су разлике у њиховим средњим вредностима у површинским и доњим слојевима земљишта мале. И једнофакторска анализа варијансе показала је да не постоје статистички значајне разлике у средњим вредностима TN у истраженим земљиштима Београда у односу на припадност различитим урбанистичким зонама Београда. До истих резултата дошли су и Mao et al. (2014) истражујући земљишта Пекинга (Кина).

Познато је да уколико је однос C/N мањи од 20, у земљишту се стварају услови који омогућавају органској материји да се брзо разгради, што указује на позитивну страну присуства органске материје посебно у урбаним земљиштима (Haney et al., 2012; Esmaeilzadeh and Ahangar, 2014). Истраживањем земљишта Београда највиши однос C/N забележен у површинским слојевима земљишта централне (12,82) и рубне урбанистичке зоне града (12,19), нешто нижи у површинским слојевима земљишта приградске (12,09), а нижи спољне урбанистичке зоне града (7,87). У доњим слојевима земљишта Београда однос C/N не прати површински већ се његове вредности овде јављају у опадајућем низу: централна (13,15), приградска (12,06), рубна (11,44) и спољна урбанистичка зона града (7,47). На основу ових резултата може се закључити да је однос C/N у истраживаним земљиштима Београда нижи од 20 у оба слоја истражених земљишта (Графикон 5 и 6). Међутим, треба напоменути да су максималне вредности односа C/N измерене у површинским (25,00) и доњим (29,93) слојевима земљиштима централне и површинским (22,40) и доњим (29,28) слојевима земљишта приградске урбанистичке зоне града. Овај резултат потврђује да се у истраженим земљиштима појединих локалитета ових урбанистичких зона града разградња органске материје одвија успорено. Добијени резултати у сагласности су са резултатима истраживања земљиштима Пекинга (Кина) која су такође показала да се највише средње вредности односа C/N јављају у земљиштима урбане (12,33), затим традиционалне (12,16), а најниже у земљиштима приградске зоне града (11,24) (Mao et al., 2014). И истраживање Doichinova et al. (2006) такође, показују да је виши однос C/N забележен у површинским (16-28) и доњим (14-33) слојевима земљишта урбаних шума у урбаној зони Софије (Бугарска) у односу на његове вредности у површинским (16 и 21) и доњим (11 и 28) слојевима земљишта у приградској зони града.



Графикон 5. Средња вредност присуства хумуса, ТС, ОС, ТН и С/Н у површинским слојевима истражених земљиштима различитих урбанистичких зона Београда

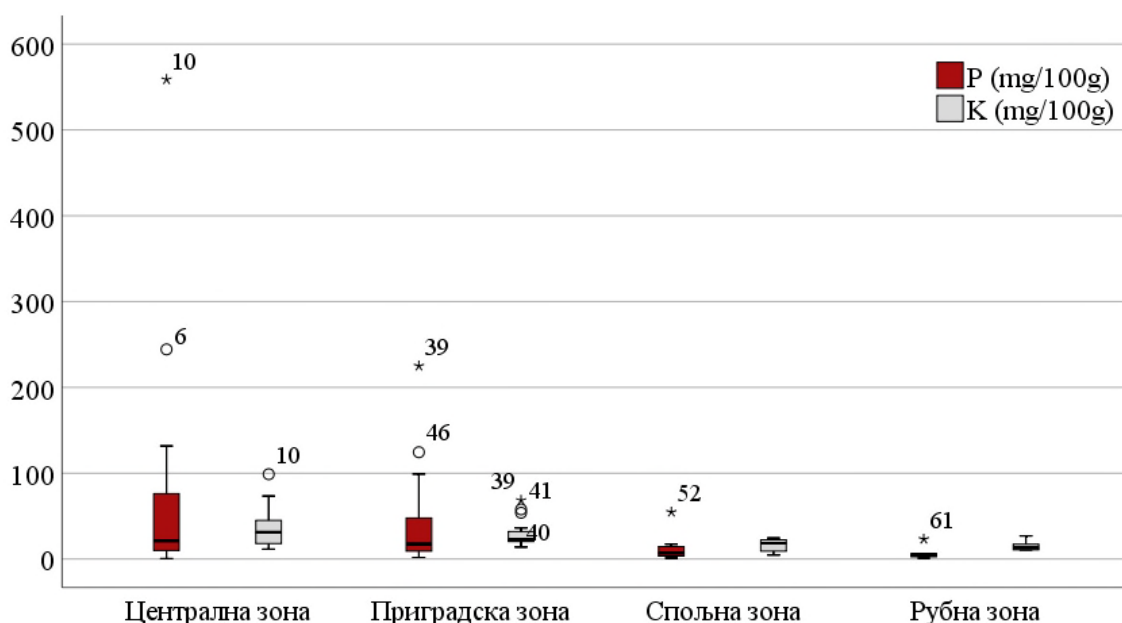


Графикон 6. Средња вредност присуства хумуса, ТС, ОС, ТН и С/Н у доњим слојевима истражених земљиштима различитих урбанистичких зона Београда

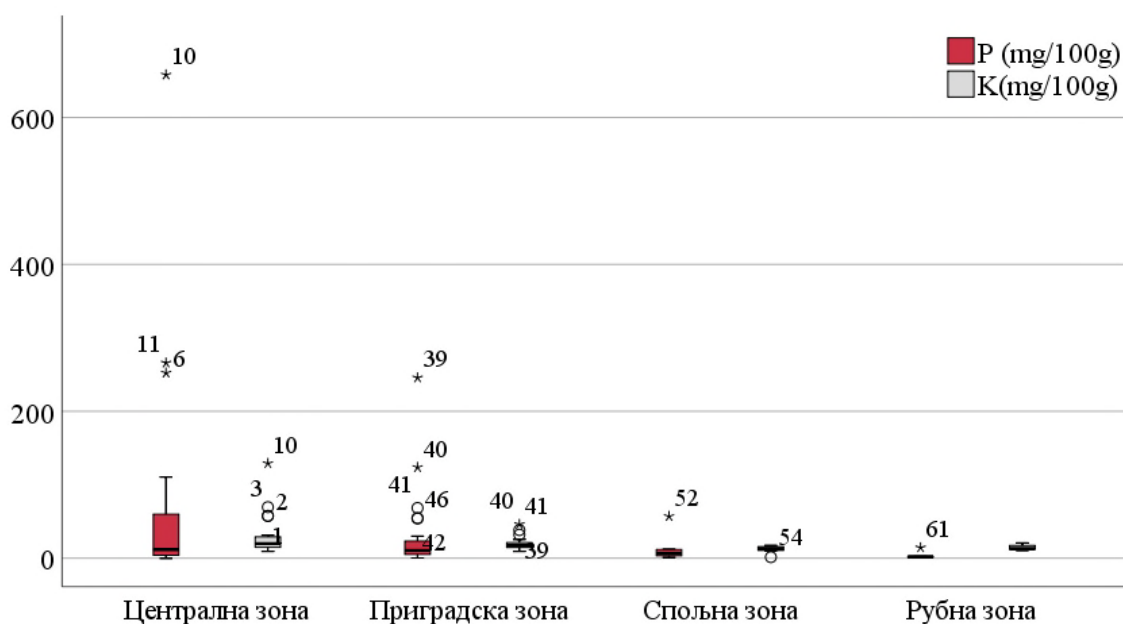
Присуство лако приступачних облика **фосфора** и **калијума** у истраживаним земљиштима различитих урбанистичких зона Београда је варијабилна. У површинским (65,44 mg/100g) и доњим (65,28 mg/100g) слојевима земљишта централне урбанистичке зоне града утврђене су највише средње вредности концентрација Р. Нешто ниже средње вредности концентрација Р измерене су у површинским (38,58 mg/100g) и доњим (30,82 mg/100g) слојевима земљишта приградске, док су знатно ниже концентрације измерене у површинским (13,25 mg/100g) и доњим (12,71 mg/100g) слојевима земљишта спољне, а најниже у површинским (7,2 mg/100g) и доњим (3,88 mg/100g) слојевима рубне урбанистичке зоне града. Приказани резултати

показују да присуство Р незнатно опада са дужином земљишта. Као и присуство Р забележено је и значајно више присуство К у истраживаним земљиштима Београда. Очекивано у централној урбанистичкој зони града утврђене су и највише његове средње вредности концентрација и то у површинским (35,78 mg/100g) и доњим (28,75 mg/100g) слојевима истражених земљишта. Нешто ниже средње вредности концентрација К измерене су у површинским (28,61 mg/100g) и доњим (19,86 mg/100g) слојевима земљишта приградске, затим површинским (16,11 mg/100g) слојевима истражених земљишта спољне, а најниже у површинским (15,33 mg/100g) слојевима рубне урбанистичке зоне града. За разлику од површинских слојева у доњим слојевима земљиштима рубне урбанистичке зоне града (14,55 mg/100g) измерене су незнатно више средње вредности концентрације К у односу на доње (12,25 mg/100g) слојеве истражених земљишта спољне урбанистичке зоне града (Графикон 7 и 8).

На основу ових резултата у погледу присуства лако приступачног облика Р и К може да се закључи да у истраженим земљиштима Београда у односу на припадност различитим урбанистичким зонама града више средње вредности концентрација ових елемената утврђене су у земљиштима урбане и приградске зоне града у односу на спољну и руралну. Овај резултат потврђује и једнофакторска анализа варијансе која показује да статистички значајне разлике постоје између присуства лако приступачних облика Р и К у оба слоја земљишта централне урбанистичке зоне града у односу на она у спољној и рубној урбанистичкој зони града. И истраживањем земљишта града Закопане (Пољска) Ciarkowska (2018) је потврдила да су више средње вредности концентрација Р и К забележене у земљиштима централне зоне града. Наиме, утврђено је да се у тим земљиштима у површинском слоју концентрација Р у централном делу града кретала у распону од 20,28-31,78 mg/kg у површинском и од 11,13-2,22 mg/kg у доњем слоју земљишта, док су средње вредности концентрација Р у површинским (18,08-29,63 mg/kg) и доњим (6,03-13,25 mg/kg) слојевима земљишта изван града биле знатно ниже.



Графикон 7. Присуство лако приступачних облика Р и К у површинским слојевима истражених земљишта различитих урбанистичких зона Београда



Графикон 8. Присуство лако приступачних облика Р и К у доњим слојевима истражених земљишта различитих урбанистичких зона Београда

Резултати двофакторске анализе варијансе показују да не постоје статистички значајне разлике између испитаних хемијских особина истражених земљишта Београда у односу на њихову дубину (површински и доњи слојеви) у односу на припадност различитим урбанистичким зонама града. На основу овог резултата може се закључити да су хемијске карактеристике истражених земљишта Београда сличне у оба истраживана слоја земљишта, односно да је земљиште на истраживаним локалитетима у погледу хемијских карактеристика уједначено по дубини, односно у слоју до 40 cm.

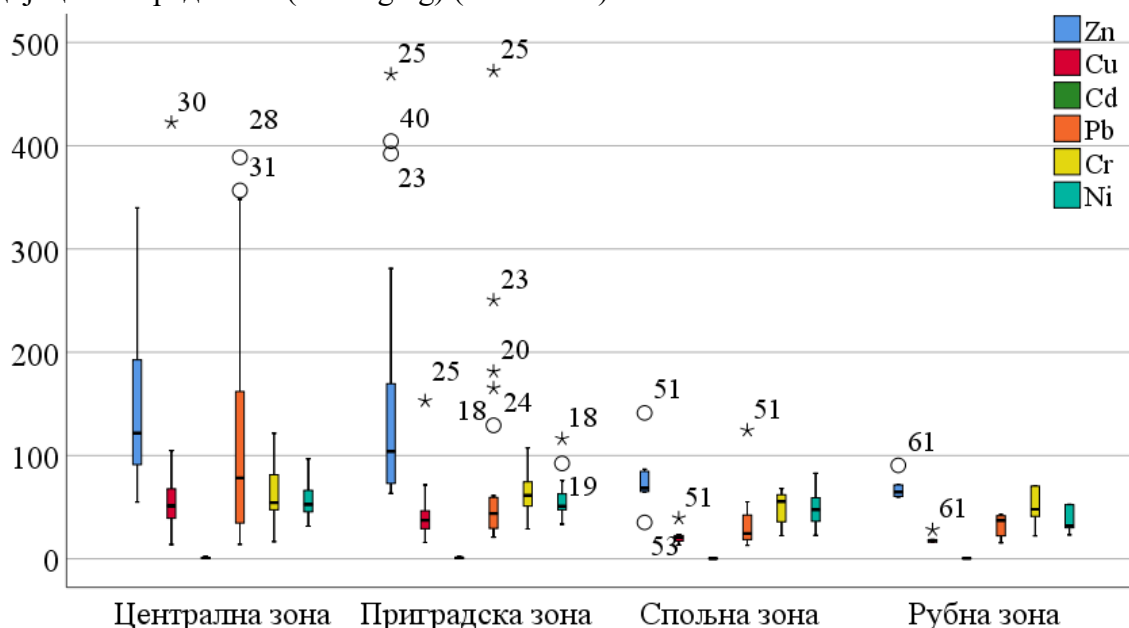
Данас, у градовима због интензивних процеса урбанизације и индустријализације загађење тешким металима земљишта представља озбиљан проблем у многим земљама (Mireles et al. 2012; Hu et al. 2013; Pavlović i Mitrović, 2016). До повећања концентрације тешких метала у урбаним земљиштима долази услед интензивних људских активности као што су саобраћај (Hafen and Brinkman 1996; Вратуша 1999; Sezgin et al. 2003; Cannon and Horton 2009; Zhang et al. 2015), и индустријска производња (Al-Bakheet et al. 2013; Woszczyk et al. 2018; Alsaleh et al. 2018). Овим путем дистрибуирани тешки метали таложе се првенствено на површини урбаних земљишта (Chen et al. 2005; Simon et al. 2013), где посебно могу бити штетни за здравље људи, јер преко земљишта и биљака кроз ланце исхране и самим удисањем прашине која садржи ове елементе улазе у људско тело (Lu et al. 2007).

Упоређивањем вредности концентрација **тешких метала** у урбаним земљиштима у односу на она у непосредном градском окружењу као што су рурална или природним блиска, а посебно када су се развила на истој геолошкој подлози даје ефикасну основу за процену степена загађености урбаних земљишта. Поред тога на овај начин може се добити и информативна основа и о природном садржају одређених тешких метала у урбаним земљиштима (Biasioli et al., 2006).

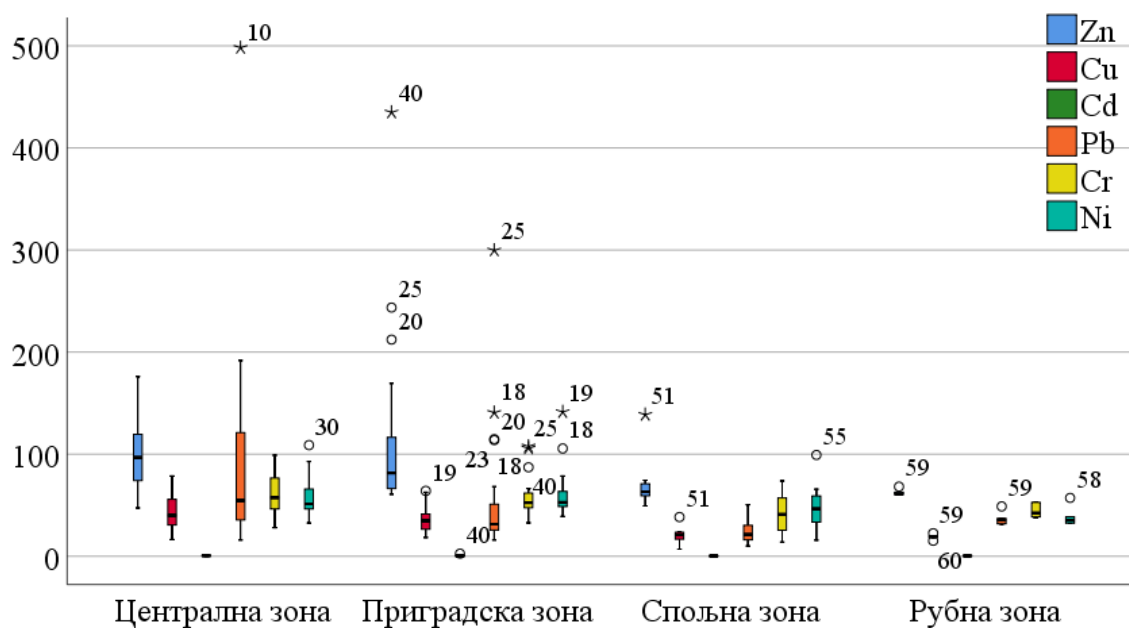
Резултати истраживања концентрације тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у земљиштима Београда у односу на припадност различитим урбанистичким зонама града показали су да су највише средње вредности концентрација **Zn** измерене у површинским (154,67 mg/kg) и доњим (116,75 mg/kg) слојевима у земљиштима приградске и површинским (141,15 mg/kg) и доњим (99,41 mg/kg) слојевима истражених земљишта централне урбанистичке зоне града (Графикон 9 и 10). Обе средње вредности концентрација Zn у површинским слојевима земљишта ових урбанистичких зона града превазилазе ГМВ

(140 mg/kg), а све измерене вредности превазилазе његову референтну вредност (68,14 mg/kg). Средње вредности концентрације Zn у површинским (76,59 mg/kg) и доњим (71,88 mg/kg) слојевима земљиштима спољне и површинским (68,59 mg/kg) и доњим (62,13 mg/kg) слојевима истражених земљишта рубне урбанистичке зоне ниже су од њихове ГМВ и незнатно више од његове референтне вредности. На основу ових резултата може се закључити да средње вредности концентрација Zn опадају са дужином у истраженим земљиштима Београда, као и да су његове високе концентрације забележене у централној и приградској урбанистичкој зони Београда. У сагласности са добијеним резултатима су и резултати Lee et al. (2006) која су показали да је концентрација Zn у земљиштима урбане зоне Хонг Конга (103,00 mg/kg) виша од оне у субурбаној (67,9 mg/kg) и руралној (46,8 mg/kg) зони града. И резултати Rodrigues et al. (2013) показују да је средња концентрација Zn у урбаним земљиштима Порта (Португал) била знатно виша (209 mg/kg) од оне измерене у земљиштима руралне (78 mg/kg) зоне града. Истраживања Zou et al. (2020) такође, су показала да је највиша средња концентрација Zn у земљиштима урбане (82,8 mg/kg) зоне града Шијаиазхуанга (Кина), нешто нижа у субурбаној (71,3 mg/kg), а најнижа је измерена у земљиштима руралне (74,7 mg/kg) зоне града.

Истраживањем земљишта Београда утврђено је да средње вредности концентрација **Cu** у оба слоја земљишта расту се од рубне ка централној урбанистичкој зони града. Највише измерене средње концентрације Cu забележене су у површинским (65,88 mg/kg) и доњим (43,10 mg/kg) слојевима централне, затим у површинским (42,92 mg/kg) и доњим (35,53 mg/kg) слојевима приградске, површинским (21,64 mg/kg) и доњим (20,98 mg/kg) спољне, а најниже у површинским (19,06 mg/kg) и доњим (19,15 mg/kg) слојевима истражених земљишта рубне урбанистичке зоне Београда. У оба слоја земљишта средње вредности концентрација Cu у централној и приградској урбанистичкој зони града више су од референтне (31,8 mg/kg) и ГМВ (36 mg/kg) (Графикон 9 и 10). Такође, утврђено је да је максимална концентрација Cu у површинским (422,42 mg/kg) слојевима земљишта централне урбанистичке зоне виша и од ремедијационе вредности (190 mg/kg) (Табела 11).



Графикон 9. Средње вредности концентрација тешких метала у површинским слојевима земљишта различитих урбанистичких зона Београда



Графикон 10. Средње вредности концентрација тешких метала у доњим слојевима земљишта различитих урбанистичких зона Београда

Истраживања Lee et al. (2006) земљишта Хонг Конга показала су да је концентрација **Cu** виша у земљиштима урбане зоне (16,2 mg/kg) у односу на ону измерену у земљиштима субурбане зоне (9,72 mg/kg) и руралне зоне града (6,37 mg/kg). Истраживања Мао et al. (2014) такође су у сагласности са резултатима добијеним истраживањем земљишта Београда. Овде је потврђено да је у урбаним земљиштима Пекинга (39,95 mg/kg) концентрација **Cu** била највиша у односу на ону измерену у транзиционој (28,98 mg/kg) и субурбаној зони града (25,78 mg/kg). Истраживања земљишта Торина показала су да је средња концентрација **Cu** највиша у урбаним земљиштима (90 mg/kg) у односу на ону измерену у руралним (28,00 mg/kg) зонама града (Biasioli et al., 2006).

Највише средње вредности концентрација **Cd** измерене су у површинским (0,86 mg/kg) и доњим (0,64 mg/kg) слојевима истражених земљишта централне, а нешто ниже у површинским (0,85 mg/kg) и доњим (0,61 mg/kg) слојевима приградске урбанистичке зоне града. Међутим, најниже средње вредности концентрација **Cd** измерене су у површинским (0,35 mg/kg) и доњим (0,35 mg/kg) слојевима земљишта спољне, а нешто више у површинским (0,39 mg/kg) и доњим (0,42 mg/kg) слојевима истражених земљишта рубне урбанистичке зоне (Графикон 9 и 10). Истраживањем је утврђено да само средња вредност концентрација **Cd** у површинском слоју земљишта централне урбанистичке зоне града превазилазе ГМВ (0,8 mg/kg) и на горњој је граници референтне вредности (0,86 mg/kg). Резултати истраживања средњих вредности концентрација **Cd** у истраженим земљиштима различитих урбанистичких зона Београда су у сагласности са истраживањима Rodrigues et al. (2013) земљишта Порта (Португалија) која су показала да су највише концентрације **Cd** измерене у земљиштима урбане зоне (0,43 mg/kg), а знатно ниже у земљиштима руралне (0,20 mg/kg) зоне града. Истраживања Lee et al. (2006) у сагласности су са добијеним резултатима истраживања у Београду. Она су показала да знатно више концентрације **Cd** имају земљишта субурбане ($0,37 \pm 0,15$ mg/kg) и урбане ($0,36 \pm 0,16$ mg/kg) зоне Хонг Конга, у односу на концентрације **Cd** у земљиштима руралне зоне града (0,35 mg/kg).

Треба истаћи да се и средње концентрације **Cd** у површинским слојевима истражених земљишта приградске урбанистичке зоне града налазе на горњим границама за обе референтне вредности. Такође, у доњим слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне измерене су нешто више средње вредности концентрација **Cd**, што се доводи у везу са карактером геолошке подлоге, коју претежно чине седиментне стене и местимично метаморфне и магматске стене

(Mrvić et al., 2009). Према Kabata-Pendias (2011) сматра се да су само концентрације Cd > 0,5 mg/kg антропогеног порекла, док се за концентрације Cd < 0,5 mg/kg сматра да су геолошког порекла. Истраживањем земљишта Београда утврђено је да средње вредности концентрација Cd у оба слоја истражених земљишта у спољној и рубној урбанистичкој зони Београда не прелазе ову концентрацију, односно да је Cd у основни овде геолошког порекла (Графикон 9 и 10). Међутим, максималне измерене вредности концентрација Cd у површинским (1,16 и 0,58 mg/kg) и доњим слојевима (0,94 и 0,68 mg/kg) истражених земљишта ових урбанистичких зона града више су од >0,5 mg/kg, на основу чега се може закључити да је порекло Cd у земљиштима спољне и рубне урбанистичке зоне града једним делом геолошко, а једним делом антропогено.

Значајно је истаћи да су максималне концентрације Cd у површинским (2,77 mg/kg) и доњим (2,47 mg/kg) слојевима земљишта централне и површинским (1,31 mg/kg) и доњим (2,59 mg/kg) слојевима приградске урбанистичке зоне Београда измерене у вредностима које су знатно више и од ГМВ (0,8 mg/kg) и од његове референтне вредности (0,86 mg/kg), док су у површинским (1,16 mg/kg) и доњим (0,94 mg/kg) слојевима истражених земљишта спољне и површинским (0,58 mg/kg) и доњим (0,68 mg/kg) слојевима рубне урбанистичке зоне града оне ниже од обе граничне вредности.

Средња концентрација **Pb** у површинским слојевима земљишта расте се од најниже концентрације у земљиштима рубне (32,71 mg/kg) ка највишој концентрацији у земљиштима централне (167,35 mg/kg) урбанистичке зоне града где превазилазе и ГМВ (85 mg/kg) као и његову референтну вредност (54,92 mg/kg). Референтну вредност Pb превазилазе и његова средња вредност концентрација у површинским слојевима земљиштима приградске урбанистичке зоне града (82,33 mg/kg) (Графикон 9). У доњим слојевима земљишта, као и у површинским, највише средње вредности концентрација Pb измерене су у истраженим земљиштима централне (102,76 mg/kg) и приградске урбанистичке зоне града (56,33 mg/kg), али за разлику од површинских слојева, даље у опадајућем низу је средња вредност концентрација Pb у истраженим земљиштима рубне (36,72 mg/kg), док је његова најнижа средња вредност концентрације измерена у доњим слојевима земљишта спољне урбанистичке зоне града (24,51 mg/kg) (Графикон 10). Као и у површинским тако и у доњим слојевима истражених земљишта само средња вредност концентрације Pb централне урбанистичке зоне града превазилазе ГМВ (85 mg/kg) и његову референтну вредност (54,92 mg/kg). Средње вредности концентрације Pb у доњим слојевима истражених земљишта приградске урбанистичке зоне града налазе се на горњој граници његове референтне вредности (54,92 mg/kg). Такође, као и за Cu и Cd средње вредности концентрација Pb расту се дубином у земљиштима рубне урбанистичке зоне града.

До повишених средњих вредности концентрација **Pb** у истраженим земљиштима централне урбанистичке зоне Београда допринела је дугогодишња употреба оловног горива (Вратуша, 1999; Chen et al. 2005; Zehetner et al. 2009; Zhang et al. 2015), хабања кочница аутомобила (Guneu et al. 2010) али и дужина временског периода под интензивним антропогеним утицајем. Централна урбанистичка зона Београда била је изложена знатном разарању током оба Светска рата. У овој зони налазе се и историјски локалитети, некадашња бојишта, која су такође фактор контаминације земљишта Pb. Повишене концентрације Pb на историјским локалитетима показала су и друга истраживања (Xia et al., 2011; Mao et al., 2014; Liu et al., 2020). Такође, треба нагласити да Србија спада у групу земаља са повећаном емисијом Pb у атмосферу, што утиче на допринос депозицији Pb из сопствених емисија у односу на друге земље (Vuković, 2002). На територији Србије забележено је повећање емисије Pb, која је 2004. године износила 40 t/god, а 2006. године 60 t/god, 2010. она је достигла и вредност од 147,7 t/god, (Ćosović et al., 2013), што је такође важан фактор контаминације земљишта Београда Pb. У прилог наведеном показују и истраживања Вратуше (1999) која су показала да је средња вредност концентрација Pb у површинским слојевима земљишта паркова Београда у самом градском центру за 1,6 пута била већа од његове средње вредности концентрација у хумусно акумулативном хоризонту земљишта урбаних шума Београда. Присуство знатно виших концентрација Pb у земљиштима

урбане зоне града показала су и истраживања земљишта Порта (Португал) која су потврдила знатно више средње вредности концентрација Pb у земљиштима урбане зоне града (137 mg/kg) у односу средње вредности концентрација Pb у земљиштима руралне зоне града (35 mg/kg) (Rodrigues et al., 2013). И истраживања Zou et al. (2020) земљишта урбане, субурбане и руралне зоне града Шијаиазхуанга (Кина) показала су да су највише средње вредности концентрација Pb измерене у земљиштима урбане зоне (33,3 mg/kg), нешто ниже у земљиштима и јужног (25,3 mg/kg) и северног (25,8 mg/kg) дела руралне зоне, а најниже у земљиштима субурбане зоне града (24,7 mg/kg).

Највиша средња вредност концентрације Cr измерена је у површинским слојевима приградске (62,84 mg/kg), а незнатно нижа у површинским слојевима истражених земљиштима централне (62,24 mg/kg) урбанистичке зоне града. У доњим слојевима највиша средња вредност концентрације Cr измерена је у земљиштима централне (60,56 mg/kg), а нешто нижа у доњим слојевима земљишта приградске (58,10 mg/kg) урбанистичке зоне града. Ниже средње вредности концентрација Cr измерене су у површинским (50,08 mg/kg) и доњим (44,4 mg/kg) слојевима рубне, а најниже у површинским (49,62 mg/kg) и доњим (41,92 mg/kg) слојевима истражених земљишта спољне урбанистичке зоне града (Графикон 9 и 10). И истраживања Biasioli et al. (2006) земљишта различитих урбаних зона Торина (Италија) показала су да је средња концентрација Cr у урбаним земљиштима (191,0 mg/kg) знатно виша, у односу на њену измерену вредност у руралној зони града (96,0 mg/kg). Такође, и истраживања Zou et al. (2020) земљишта урбане, субурбане и руралне зоне града Шијаиазхуанга (Кина) показала су да су највише средње вредности концентрација Cr биле измерене у земљиштима урбане зоне града (71,4 mg/kg), нешто ниже у јужним деловима руралне зоне града (70,9 mg/kg), затим субурбане (52,5 mg/kg), а најниже у земљиштима северних делова руралне зоне града (49,4 mg/kg) (Zou et al., 2020).

Значајно је истаћи да средња концентрација Cr у земљиштима рубне урбанистичке зоне Београда расте са дужином што је резултат специфичног геолошког супстрата који се карактерише природно повишеним концентрацијама Cr (Mrvić et al., 2009). Средње концентрације Cr у оба слоја земљишта свих истражених урбанистичких зона Београда нису виша од ГМВ, док су у оба слоја земљишта централне и приградске урбанистичке зоне града средње вредности концентрација Cr биле виша од његове референтне вредности (52,40 mg/kg). Значајно је и истаћи да измерене максималне вредности концентрације Cr у површинским слојевима централне (121,58 mg/kg) и приградске (107,37 mg/kg) урбанистичке зоне Београда превазилазе његову ГМВ (100 mg/kg).

Највише средње вредности концентрација Ni у истраженим земљиштима Београда измерене су у површинским (57,22 mg/kg) и доњим (60,01 mg/kg) слојевима приградске, нешто ниже у површинским (56,25 mg/kg) и доњим (59,47 mg/kg) слојевима земљишта централне, затим површинским (48,92 mg/kg) и доњим (49,13 mg/kg) слојевима земљишта спољне, а најниже у површинским (37,15 mg/kg) и доњим (38,48 mg/kg) слојевима земљишта рубне урбанистичке зоне града (Графикон 9 и 10). Резултати других истраживања (Biasioli et al., 2006; Lee et al., 2006; Mao et al., 2014) показују да су конвенције Ni у урбаним земљиштима веома варијабилне у односу на различите урбанистичке зоне града да је та варијабилност у знатној мери резултат различитих геолошких подлога, односно може се закључити да висине концентрација Ni у урбаним земљиштима у многоме зависе од карактера геолошке подлоге. У сагласности са резултатима истраживања земљишта Београда су резултати истраживања концентрације Ni у земљиштима Хонг Конга (Кина) у којима је ова концентрација у руралној зони града (5,30 mg/kg) била виша у односу на њене вредности у субурбаним (3,54 mg/kg) и урбаној (4,08 mg/kg) зони града (Lee et al., 2006). Истраживања Mao et al., (2014) земљишта Пекинга, делимично су у сагласности са резултатима добијеним истраживањем земљишта Београда. Највиша средња вредност концентрација Ni била је измерена а у земљиштима транзиционе зоне Пекинга (25,7 mg/kg), а незнатно нижа у земљиштима урбане (25,2 mg/kg), а најнижа у земљиштима субурбане зоне града (25,25 mg/kg). Biasioli et al. (2006) дошли су до другачијих резултата. Њихова истраживања показала су да је чак 94 % узорака земљишта

урбане зоне Торина (Италија) имало концентracију Ni изнад италијанске законске границе (120 mg/kg), док је само 12 % узорака земљишта у руралној зони града имало повишену концентracију Ni изнад италијанске законске границе. Истраживањима земљишта Београду утврђено је да средње вредности концентracија Ni у свим истраженим земљиштима и свих урбанистичких зона Београда расту са његовом дубином. Повишене вредности концентracија Ni, као и Cr у истраженим земљиштима Београда последица су специфичног геолошког супстрата који се природно карактерише повишеним концентracијама ових елемената (Mrvić et al., 2009). Знатно више концентracије Cr и Ni у оба слоја земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне Београда у односу на земљишта спољне и рубне урбанистичке зоне, могу се довести у везу и са извором који је антропогеног порекла. Cr претежно потиче од нафтних остатака и абразије кочионих плочица и гума (Zehetner et al., 2009; Zhang et al., 2015), па се повишене концентracије Ni често јављају у земљишту и прабини дуж градских саобраћајница (Wei and Yang, 2010; Li et al., 2013). Познато је да се велики део Ni у земљиште доспева путем депозиције из атмосфере и ослобађањем из антропогених извора, од којих су најзначајнији сагоревања фосилних горива (нафте и угља), док се највећа његова концентracија ослобађа у процесу сагоревања бензина (Okay et al., 2008).

Резултати истраживања земљишта Београда потврђују да концентracије тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr) у истраженим земљиштима опадају са његовом дубином изузев у земљиштима руралне урбанистичке зоне града где концентracије Cu, Cd и Pb минимално расту. За разлику од ових тешких метала концентracије Ni у истраженим земљиштима Београда расту са дубином у свим земљиштима урбанистичких зона града, као последица његовог геолошког порекла. Такође, резултати истраживања земљишта Београда показују да средње вредности концентracија истраживаних тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) расту од најнижих измерених у земљиштима рубне и спољне урбанистичке зоне града ка највишим у земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне града, што је у сагласности са истраживањима више аутора (Biasioli et al., 2006; Mao et al., 2014; Simon et al., 2013; Zou et al., 2020).

5.2. Физичке и хемијске карактеристике и концентracије тешких метала у земљиштима различитог типа коришћења и варијабилност ових параметара у односу на тип коришћења

Урбана земљишта за разлику од природних, руралних или пољопривредних под директним су утицајем урбанизације, која се у граду испољава у мозаику различитих врста коришћења земљишта као што су становање, саобраћај, индустрија, изградња, депоновање отпада и сл. Ове разноврсне антропогене активности у великој мери утичу на карактеристике и степен загађења урбаних земљишта, умањујући његову плодност и смањујући његов квалитет (Lehmann and Stahr, 2007; Lorenz and Lal, 2009; Asabere et al., 2018).

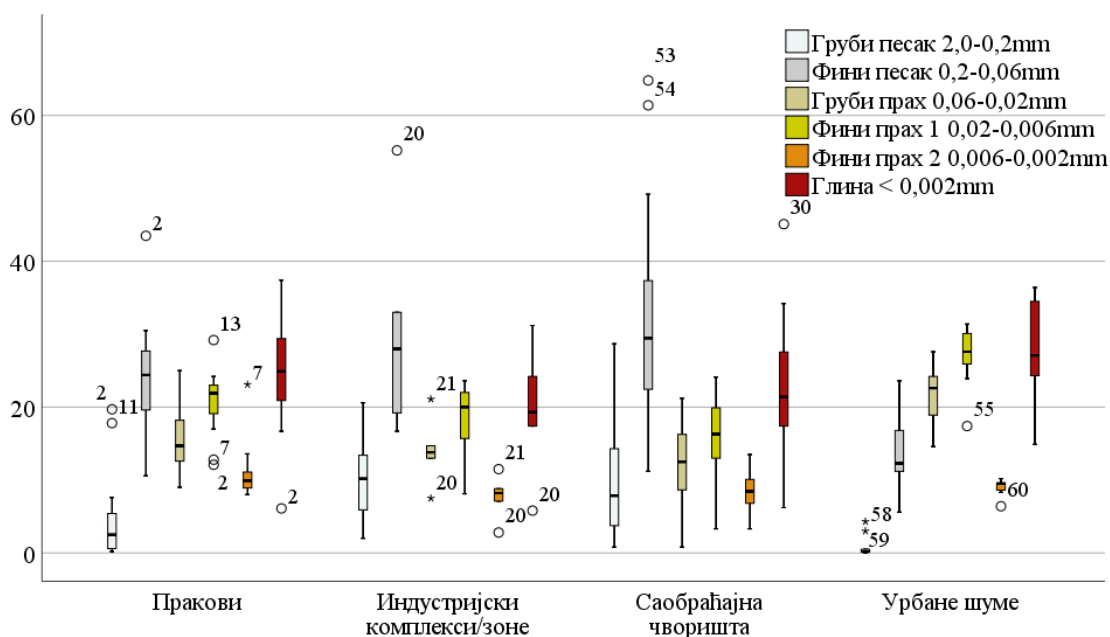
Истраживања варијабилности физичких и хемијских карактеристика и степена загађења тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) земљишта Београда имала су за циљ да испитају степен утицаја, односно измене до којих је дошло услед антропогеног утицаја на ова земљишта. На основу анализе физичких и хемијских карактеристика и степена загађења тешким металима истражених земљишта Београда различитих типова његовог коришћења, утврђено је које карактеристике истражених земљишта се у највећој мери мењају под утицајем антропогеног фактора.

Највише средње процентуално присуство фракције грубог песка утврђено је у површинским (10,42 %) и доњим слојевима (12,88 %) истражених земљишта индустријских комплекса/зона, а знатно нижи средњи проценти фракције грубог песка утврђени су у површинским (4,53 %) и доњим слојевима (4,53 %) истражених земљишта паркова и

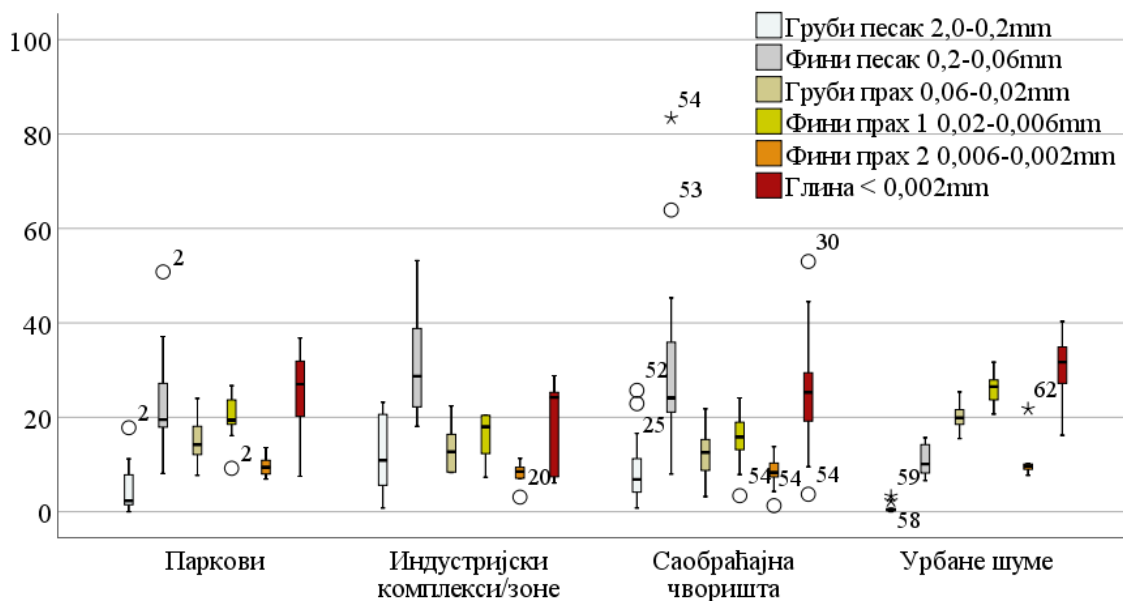
површинским (0,97 %) и доњим слојевима (0,87 %) истражених земљишта урбаних шума. Највиши средњи проценат фракције ситног песка утврђен је у површинским слојевима (31,47 %) истражених земљишта уз саобраћајна чворишта, нешто нижи средњи проценат ове фракције је утврђен у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона (30,42 %), паркова (23,54 %) и значајно нижи у земљиштима урбаних шума (13,47 %). У доњим слојевима највиши средњи проценат фракције финог песка утврђен је у доњим слојевима (32,20 %) истражених земљиштима индустријских комплекса/зона (32,20 %), нешто нижи у доњим слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта (29,40 %), паркове (23,09 %) и значајно најнижи у истраженим земљиштима урбаних шума (11,24 %). На основу приказаних резултата види се да процентуално учешће фракције грубог песка опада са дужином земљишта изузев у земљиштима индустријских комплекса/зона где расте за 1,8 %, док процентуално учешће фракције финог песка опада са дужином у свим истраженим типовима коришћења земљишта. Највиши средњи проценти фракције грубог и финог песка у оба слоја истражених земљишта утврђени су у земљиштима која су под интензивним утицајем антропогеног фактора (земљишта индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта), што је у сагласности са истраживањима других аутора (Pfleiderer et al. 2012; Róźński et al. 2018; Mónok et al. 2020) који наведе да услед промене гранулометријског састава урбаних земљишта које се дешавају под утицајем антропогеног фактора се посебно издваја повишено присуство фракције песка у њима. Истраживања земљишта Београда показала су да се процентуално присуство фракција грубог и финог песка у површинским и доњим слојевима истражених земљишта урбаних шума значајно разликују у односу на процентуално присуство фракција грубог и финог песка у површинским и доњим слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта, док та разлика не постоји у односу на процентуално присуство фракција грубог и финог песка у површинским и доњим слојевима истражених земљишта паркова (Графикон 11 и 12).

У истраженим земљиштима Београда највиши средњи проценат фракције грубог праха утврђен је у површинским (21,80 %) и доњим (20,27 %) слојевима истражених земљишта урбаних шума, док су знатно нижи средњи проценти утврђени у површинским (15,64 %) и доњим (15,65 %) слојевима истражених земљишта паркова, површинским (14,02 %) и доњим (13,64 %) слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона, а најнижи у површинским (12,51 %) и доњим (12,43 %) слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта. Највиши средњи проценти фракције праха 1 такође су утврђени у површинским (27,04 %) и доњим (26,30 %) слојевима земљишта урбаних шума, нешто нижи средњи проценти ове фракције утврђени су у површинским (20,96 %) и доњим (20,41 %) слојевима истражених земљишта паркова, површинским (17,88 %) и доњим (15,70 %) слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона, а најнижи у површинским (16,16 %) и доњим (15,84 %) слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта.

За разлику од добијених средњих вредности фракција праха, највиши средњи проценат фракције праха 2 утврђен је у површинским слојевима (10,79 %) земљишта паркова, а даље у низу у површинским слојевима (9,01 %) истражених земљишта урбаних шума, земљишта уз саобраћајна чворишта (8,32 %), а најнижи у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона (7,68 %). У доњим слојевима као и у случају фракција грубог и финог праха 1, највиши средњи проценти утврђени су у истраженим земљиштима урбаних шума (10,70 %) и паркова (9,55 %), док су нижи средњи проценти утврђени у земљиштима уз саобраћајна чворишта (8,45 %) и индустријске комплексе/зоне (7,88 %) (Графикон 11 и 12). Tukey HSD тест показао је да постоје значајне разлике у процентуалном присуству фракција грубог праха и финог праха 1 између површинских слојева истражених земљишта урбаних шума и паркова, индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта.



Графикон 11. Гранулометријски састав површинских слојева земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења



Графикон 12. Гранулометријски састав доњих слојева земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

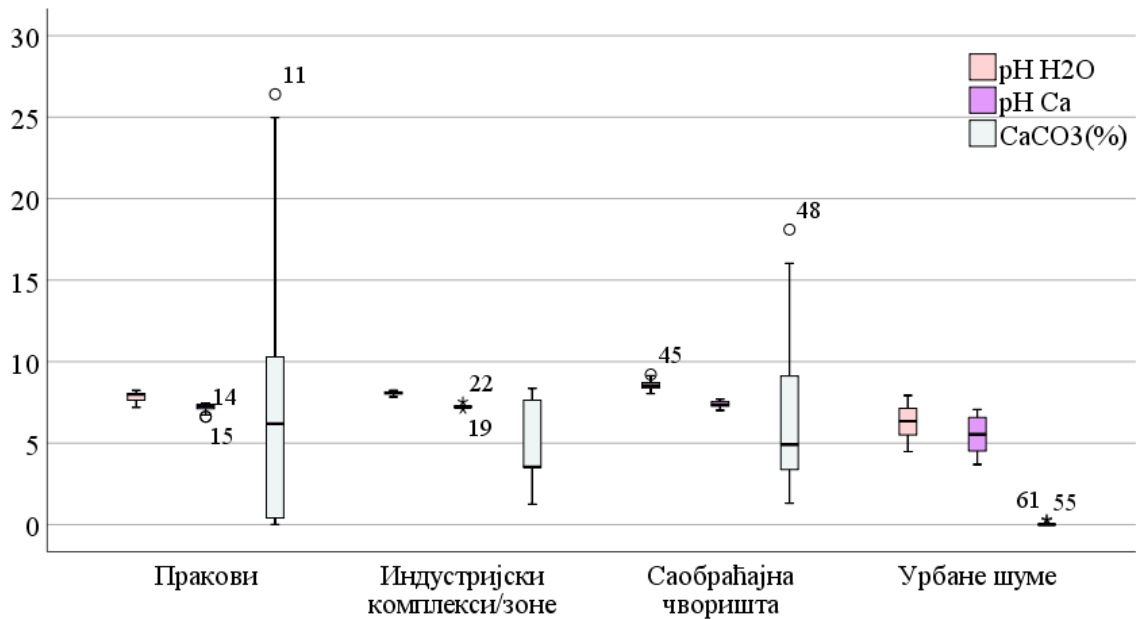
Значајне разлике утврђене су у процентуалном присуству фракције финог праха 1 у доњим слојевима истражених земљишта урбаних шума и паркова, индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта. Овај тест утврдио је да у процентуалном присуству фракције праха 2 постоје значајне разлике само између површинских слојева истражених земљишта уз саобраћајна чворишта и површинских слојева земљишта паркова, док у доњим слојевима нису утврђене значајне разлике између различитих типова коришћења земљишта. Више присуство фракције праха у земљиштима паркова и урбаних шума директна је последица геолошког порекла на овом простору. Делимично у сагласности са овим

результатима су и резултати истраживања физичких карактеристика земљишта Балтимора различитих типова његовог коришћења, која показују да је средње присуство фракције праха најниже у шумским земљиштима (32 %), нешто мање у земљиштима индустријских и отворених градских простора (23 %) и паркова (33 %), а највиша у земљиштима под комерцијалним коришћењем (27 %) (Pouyat et al., 2007a).

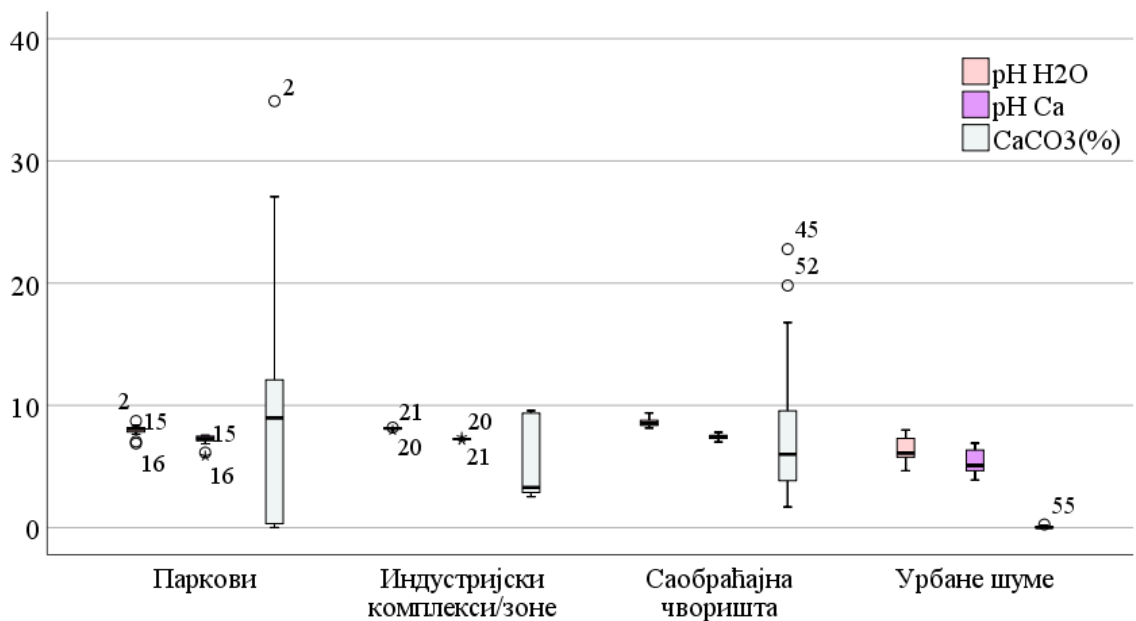
Највиша средња вредност **фракције глине** (<0,002 mm) у истраженим земљиштима Београда измерена је у површинским (27,71 %) и доњим (30,61 %) слојевима земљиштима урбаних шума, затим површинским (24,88 %) и доњим (26,89 %) слојевима земљишта паркова, док су ниже вредности измерене у површинским (21,88 %) и доњим (25,53 %) слојевима земљиштима уз саобраћајна чворишта и у површинским (19,58 %) и доњим (18,36 %) слојевима земљишта индустријских комплекса/зона (Графикон 11 и 12). Истраживања Pouyat et al. (2007a) делимично су у сагласности са датим истраживањима с обзиром да је најнижи проценат фракције глине у земљиштима Балтимора утврђен у земљиштима околних шума (14 %), док су виши проценти фракције глине утврђени у земљиштима индустријских и отворених градских простора (15 %), нешто виши у земљиштима паркова (16 %) и земљиштима под комерцијалним коришћењем (17 %), а највиши у земљиштима стамбених комплекса (19 %). Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) показала је да у процентуалном присуству фракције глине у истраженим земљиштима Београда не постоје значајне разлике у површинским и доњим слојевима различитих типова коришћења земљишта.

На основу приказаних резултата може се закључити да су у односу на тип коришћења земљишта највеће промене изражене кроз повећање процентуалног учешћа фракције грубог (2,0-0,2 mm) и финог песка (0,2-0,06 mm) у истраженим површинским и доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона и земљиштима уз саобраћајна чворишта у односу на истражене површинске и доње слојеве земљишта паркова и урбаних шума. На основу истраживања земљишта Београда може да се закључи да у процентуалном присуству фракција грубог праха (0,06-0,02 mm), финог праха 1 (0,02-0,006 mm) и финог праха 2 (0,006-0,002 mm) се површински и доњи слојеви истражених земљишта урбаних шума значајно разликују у односу на површинске и доње слојеве индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта. Већина узорака површинских слојева истражених земљишта Београда припада класама иловача (33,3 %), глиновитим иловачама (19 %) и праховитим иловачама (17,5 %), док су се доњи слојеви истражених земљишта Београда, поред иловача (28,6 %) и глиновитих иловача (20,6 %) распоредили и у класи праховито глиновитих иловача (20,6 %). Делимично у сагласности са приказаним истраживања, су и истраживања урбаних земљишта Севиле (Шпанија) која су показала да се она разликују од земљишта природног окружења града и да припадају класама глиновитих иловача, иловача и песковитих иловача (Madrid et al. 2004).

Познато је да се урбана земљишта у погледу хемијске реакције разликују од природних земљишта. У већини случајева **pH вредности** урбаних земљишта више су у односу на природна или земљишта у непосредној близини градова која нису била под директним утицајем урбанизације (Craul 1992, Jim 1998a; Howard 2017). Истраживањем земљишта Београда утврђено је да је највиша средња pH_{H_2O} вредност измерена у површинским слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта (8,55), а најнижа у површинским слојевима истражених земљишта урбаних шума (6,24) (Графикон 13). Највиша средња pH_{H_2O} вредност измерена је у доњим слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта (8,60), а најнижа у доњим слојевима истражених земљишта урбаних шума (6,35) (Графикон 14). Такође, утврђено је и да постоје статистички значајне разлике добијених вредности pH_{H_2O} и pH_{Ca} у површинским и доњим слојевима земљишта урбаних шума у односу на добијене вредности pH_{H_2O} и pH_{Ca} у површинским и доњим слојевима земљишта паркова, индустријских комплекса/зона и уз саобраћајна чворишта. Приказани резултати су показали да је код истражених земљишта Београда pH вредност највиша код истражених земљишта индустријских комплекса/зона и уз саобраћајна чворишта, односно оних земљишта која су под најинтензивнијем утицајем антропогеног фактора.



Графикон 13. Средња рН_{H₂O}, рН_{Ca} и средње присуство CaCO₃ у површинским слојевима земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења



Графикон 14. Средња рН_{H₂O}, рН_{Ca} и средње присуство CaCO₃ у доњим слојевима земљишта Београда у односу на различит тип њиховог коришћења

У сагласности са приказаним резултатима су и досадашња истраживања земљишта паркова и зелених површина Београда (Вратуша, 1999; Ristić and Marjanović 2006; Marjanović et al. 2009; Kuzmanoski et al., 2014; Pavlović et al. 2017b; Pavlović 2018ab) у којима су такође утврђене високе рН вредност које су се кретале у распону од 8,0-9,92. И Ghariani et al. (2010) су утврдили да се рН вредност у земљиштима у непосредној близини Београдских саобраћајница кретала у распону од 7,6-7,9. И истраживања Мао et al. (2014) земљишта Пекинга показала су да је највиша средња рН вредност измерена у земљиштима дуж саобраћајница (8,12), затим индустријским земљиштима (8,02), а најнижа у земљиштима паркова (7,95). Повишену рН

вредност у урбаним земљиштима у односу на околна природна земљишта потврђују и истраживања Craul and Klein (1980). Ова истраживања показала су да је рН вредност у земљиштима дуж саобраћајница Сиракузе (САД) знатно виша (рН 6,6-9,0) у односу на ону измерену у природним земљиштима у непосредној околини града (рН 5,1-8,4). Истраживањем земљишта Београда утврђено је да су највише средње рН вредности измерене у површинским (7,8) и у доњим слојевима (8,0) истражених земљиштима индустријске зоне града, нешто ниже у површинским (7,7) и доњим слојевима (7,9) истражених земљишта паркова и површинским (7,7) и у доњим слојевима (7,7) истражених земљишта уз саобраћајнице, док су најниже рН вредности измерене у површинским (5,5) и у доњим слојевима (5,3) земљишта урбаних шума. Утврђено је и да средње рН_{Н2О} вредности са дужином земљишта расту у свим истраживаним типовима његовог коришћења, док рН_{Са} вредности са дужином опадају, осим у истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта где са дужином расту. Истраживањем земљишта Београда утврђено је да се у реакцији земљишта (рН_{Н2О} и рН_{Са}) истражена земљишта урбаних шума значајно разликују од истражених земљишта индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта. Истраживања Horváth et al. (2015) земљишта Сопрана (Мађарска) такође су у сагласности са приказаним резултатима. Они показују као и резултати истраживања земљишта Београда, да рН вредности расту са дужином у урбаним земљиштима, док оне са дужином опадају у шумским земљиштима. На основу ових резултата може се закључити да је повишена рН вредност у урбаним земљиштима последица утицаја антропогеног фактора.

Сматра се да је у урбаним земљиштима највеће присуство СаСО₃ у земљиштима где је и највиша рН вредност (Craul, 1992; Howard, 2017). Међутим, истраживања земљишта Београда показују да је највише средње процентуално присуство СаСО₃ у површинским слојевима земљиштима паркова (7,63 %), нешто ниже у земљиштима уз саобраћајна чворишта (6,28 %) и у земљиштима индустријских комплекса/зона (4,86 %), а најниже у истраженим земљиштима урбаних шума (0,06 %). Истраживањем земљишта Београда утврђено је да средње процентуално присуство СаСО₃ у истраживаним земљиштима расте са његовом дужином, изузев у земљиштима урбаних шума где оно опада са дужином земљишта. Значајне разлике у утврђеним средњим процентуалним присуством СаСО₃ потврђене су за оба слоја истражених земљишта урбаних шума у односу на његово средње процентуално присуство у земљиштима паркова и оних уз саобраћајна чворишта, док значајна разлика није утврђена у односу на земљишта индустријских комплекса/зона. Tukey HSD тест показао је да се земљишта површинских и доњих слојева урбаних шума значајно разликују од земљишта паркова (површински слој Sig.=0,007 и доњи Sig.=0,006; p<0,01) и саобраћајних чворишта (површински Sig.=0,019 и доњи Sig.=0,029; p<0,05) (Графикон 13 и 14).

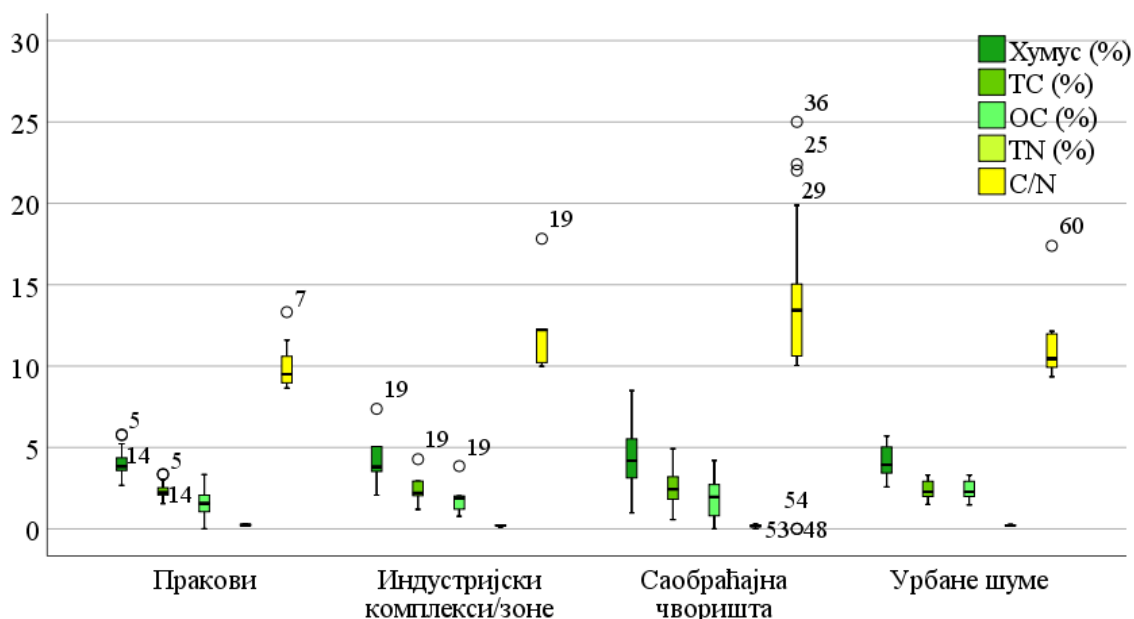
Антропогени утицај у градским срединама утиче на присуство органске материје у урбаним земљиштима. Концентрације хумуса се могу повећавати или смањивати у односу њене концентрације у природним земљиштима, како у различитим градовима, тако и унутар једног града (Vodyanitskii 2015). Ова варијабилност концентрација органске материје у урбаним земљиштима настаје услед перманентног уклањања органског материјала за површине земљишта, или пак њеног додавања у процесу нпр. неговања зелених површина (Trowbridge and Bassuk 2004).

Истраживањем земљишта Београда утврђено је да је највише присуство средње вредности хумуса у површинским (4,37 %) и доњим (3,88 %) слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона, а незнатно ниже у површинским (4,29 %) и доњим (2,69 %) слојевима земљиштима уз саобраћајна чворишта и у истраженим земљиштима урбаних шума (4,14 %), а најниже средње вредности хумуса измерене су у површинским (4,03 %) и доњим (2,70 %) земљиштима паркова. Као и код земљишта индустријских комплекса/зона и у осталим истраживаним земљиштима присуство хумуса опада са његовом дужином, при чему је најмања разлика између средњег присуства хумуса у површинским и доњим слојевима измерена у земљиштима индустријских комплекса/зона (0,48 %), а највећа у земљиштима урбаним шума (1,31 %) (Графикон 15 и 16). Значајно је истаћи да је ANOVA тест показао да се истражена

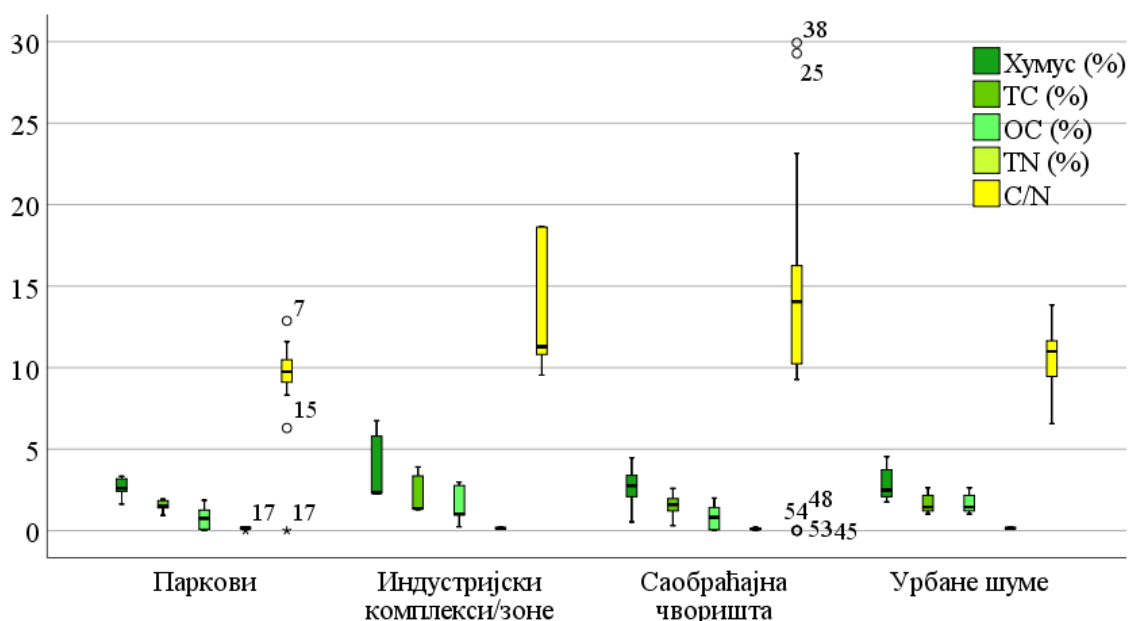
земљишта различитог типа коришћења међусобно не разликују, што указује да није дошло до значајних промена у присуству хумуса у односу на промену типа коришћења земљишта.

Pouyat et al. (2002) и Vodyanitskii (2015) истичу да природна средина која је трансформисана у урбану утиче на повећање концентрација **C** у том земљишту, као директне последице првенствено аерозагађења које је у градским срединама посебно изражено. У прилог наведеном говоре и светски извештаји који истичу да је глобална годишња емисија CO_2 порасла за око 80 % у периоду од 1970. до 2004. године и да се очекује да ће она порасти за још 40-110 % у периоду између 2000. и 2030. године (IPCC, 2007). Повишене концентрације атмосферског CO_2 могу утицати и на повећање брзине фотосинтезе, раста биљака, а непосредно и већег уноса **C** у урбана земљишта путем ексудације и разградње ових биљних отпадака (Lagomarsino et al., 2009). Повишено присуство CO_2 мења постојеће концентрације хранљивих материја у биљном ткиву, осиромашујући их и стварајући органску материју са вишим вредностима односа **C/N** (Norby et al., 2001; Chen and Xu, 2010). Резултати истраживања земљишта Београда, у сагласности су тврдњама Pouyat et al. (2002) и Vodyanitskii (2015). Највише средње вредност **ТС** измерене су у површинским слојевима земљиштима индустријских комплекса/зона (2,53 %) и у земљиштима уз саобраћајна чворишта (2,49 %). У доњим слојевима истражених земљишта такође је највиша средња вредност **ТС** измерена у земљиштима индустријских комплекса/зона (2,25%) (Графикон 15). Међутим, у доњим слојевима земљишта урбаних шума измерен је виши проценат **ТС** (1,64 %) у односу на измерене његове средње вредности у земљиштима уз саобраћајна чворишта (1,56 %) и у парковима (1,57 %). ANOVA тест показао је да се у односу на садржај **ТС** земљишта различитих типова коришћења се међусобно значајно не разликују (Графикон 16).

Промене у присуству **C** у урбаним земљиштима се јављају услед процеса урбанизације и измена типа коришћења земљишта, при чему тип коришћења урбаног земљишта директно и/или индиректно утиче на његове хемијске особине, а посебно у погледу садржаја **C** и **N**, што за резултат има измењен садржај укупног **ОС** и **N** у поређењу са земљиштима на пример природних система (Pouyat et al., 2002). Резултати истраживања земљишта Београда потврђују ове наводе. Утврђено је да средње вредности **ТС** и **ОС** у истраженим земљиштима Београда показују варијабилности у односу на различите типове коришћења ових истражених земљишта. Као и **ТС** и најниже средње вредности присуства **ОС** утврђене су у површинским (1,48 %) и доњим (0,76 %) слојевима истражених земљишта паркова, док је његова највиша вредност измерена у површинским (2,39 %) и доњим (1,63 %) слојевима истражених земљишта урбаних шума (Графикон 15 и 16). Једнофакторска анализа варијансе (ANOVA) у површинским слојевима није показала да постоје статистички значајне разлике у процентуалном садржају **ОС** између различитих типова коришћења земљишта. Tukey HSD тест показао је да се према садржају **ОС** доњи слојеви истражених земљишта урбаних шума значајно разликују од земљишта доњих слојева паркова и оних уз саобраћајна чворишта. Истраживања Mao et al. (2014) земљишта Пекинга такође су показала да је најнижа вредност **ОС** измерена у земљиштима паркова (9,59 %), а знатно више у индустријским земљиштима (15,04 %) и земљиштима дуж саобраћајница (13,09 %). Повишене концентрације **N** у урбаним земљиштима углавном се јављају у оним земљиштима која су под утицајем неговања градских зелених површина. Део **N** у урбаним земљиштима долази и од измета и урина кућних љубимаца. Такође, и **N** депозити из аутомобилских мотора могу утицати на повећање концентрација **N** у урбаним земљиштима (Zhu and Carreiro, 2004; Zhu et al., 2004; Lorenz and Kandeler, 2005). Резултати истраживања хемијских карактеристика земљишта Београда показују да је највише средње присуство **TN** утврђено у површинским слојевима земљишта паркова (0,24 %), односно земљиштима која су изложена деловању минералних и/или органских ђубрива. Нешто нижа средња вредност **TN** утврђена је у површинским слојевима истражених земљишта урбаних шума (0,21 %) и у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона (0,20 %), а најнижа у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта (0,17 %) (Графикон 15).



Графикон 15. Средња вредност присуства хумуса, ТС, ОС, ТН и С/Н у површинским слојевима земљишта Београда у односу на различите типове његовог коришћења



Графикон 16. Средња вредност присуства хумуса, ТС, ОС, ТН и С/Н у доњим слојевима земљишта Београда у односу на различите типове његовог коришћења

Утврђено је да у истраженим земљиштима Београда средње присуство ТН опада са његовом дужином. Међутим, у доњим слојевима истражених земљишта Београда, највише средње присуство ТН забележено је у земљиштима урбаних шума (0,15 %), односно у земљиштима која су блиска природним и где је порекло N природно (Графикон 16). Истраживања земљишта Београда показала су да према садржају ТН површински слојеви истражених земљишта уз саобраћајна чворовишта се значајно разликују од земљишта паркова и урбаних шума. Делимично у сагласности са истраживањима земљишта Београда су истраживања Rouyat et al. (2007a) хемијских карактеристика земљишта Балтимора различитих типова коришћења у којима је утврђено да је садржај ТН (g/kg) највиши у земљиштима паркова (1,6), нешто нижи у шумским

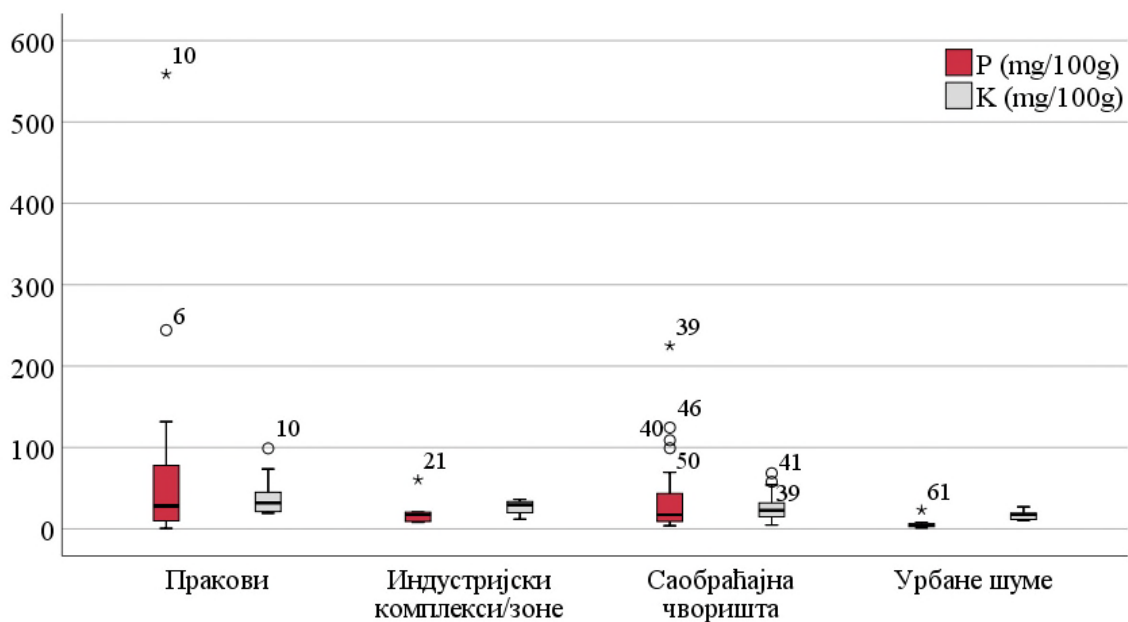
земљиштима (1,6) и земљиштима индустријских и отворених градских простора (1,5), а најнижи у земљиштима под комерцијалним коришћењем (1,3).

Разградња органске материје у земљишту од стране микроорганизама зависи од односа C/N у њему. Hoorman and Islam (2010), Haney et al. (2012) и Esmaeilzadeh and Ahangar (2014) наводе да уношење органске материје у урбана земљишта има и своју позитивну страну, уколико је у тим земљиштима утврђен однос C/N мањи од 20, јер то омогућава органским материјама да се брзо разграде у земљишту. С друге стране, уколико је однос C/N у земљишту виши од 20 то успорава разградњу органске материје. Истраживања земљишта Београда показују да се средња вредност односа C/N у површинским слојевима истражених земљишта креће у уском распону од најниже у земљиштима паркова (9,90) до највише у земљиштима уз саобраћајних чворишта (12,95) (Графикон 15). У доњим слојевима истражених земљишта Београда овај распон је нешто шири и креће се од најниже утврђене средње вредности односа C/N у земљиштима паркова (9,36) до највише у земљиштима индустријских комплекса/зона (13,79) (Графикон 16). Ови резултати показују да се трансформација органске материје у истраженим земљиштима Београда одвија у повољном правцу. Значајно је истаћи да од свих максималних измерених вредности односа C/N, једино она у површинским (25,00) и доњим (29,93) слојевима земљиштима уз саобраћајна чворишта има вишу вредност од 20. Истраживања Mao et al. (2014) хемијских карактеристика земљишта Пекинга, делимично су у сагласности са резултатима добијеним истраживањем земљишта Београда. Она су показала су да је највиша вредност C/N измерена у земљиштима дуж саобраћајница (13,93), нешто нижа у индустријским земљиштима (12,02), а најнижа у земљиштима паркова (10,24).

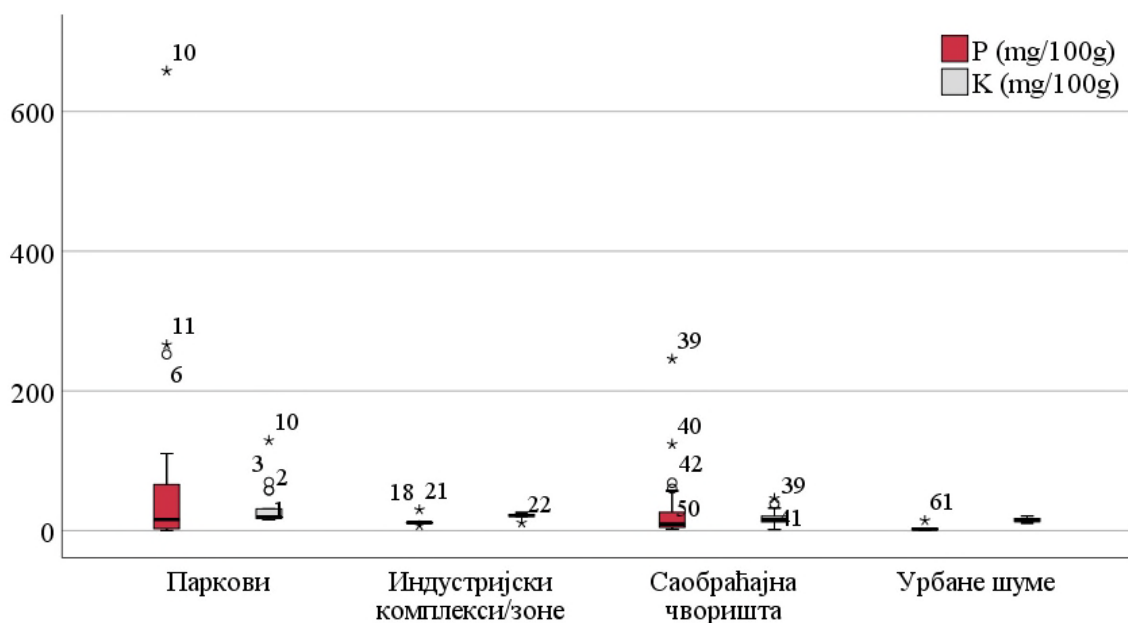
Поред N, и P и K спадају у елементе који су есенцијални за нормалан раст и развој биљака. Присуство P у природним земљиштима је ниско, при чему је већи део неприступачан биљкама. Ову тврдњу потврђују истраживања земљишта Београда, која су показала да су најмање средње вредности концентрација P присутне у површинским (6,18 mg/100g) и доњим (3,44 mg/100g) слојевима урбаних шума. Највише средње вредности концентрација P утврђене су у површинским (82,90 mg/100g) и доњим (89,82 mg/100g) слојевима истражених земљишта паркова. И највише максималне вредности концентрација P утврђене су у површинским (558,74 mg/100g) и доњим (658,10 mg/100g) слојевима земљишта паркова. Високе средње вредности присуства P измерене су и у површинским (36,20 mg/100g) и у доњим (28,19 mg/100g) слојевима земљиштима уз саобраћајна чворишта (Графикон 17 и 18). Такође, и у овим земљиштима измерене су високе максималне вредности P и то у површинским (224,95 mg/100g) и у доњим (245,72 mg/100g) слојевима истражених земљишта. На основу ових резултата може се закључити да су истражена земљишта Београда добро обезбеђена лако приступачним обликом P, с обзиром да се сматра да су земљишта са преко 25,00 mg/100g P високо обезбеђена овим елементом (Кнежевић и Кошанин, 2011).

У истраженим земљиштима Београда различитих типова коришћења утврђене су знатно ниже вредности K у односу на вредности P. Без обзира на ову чињеницу, може се рећи да су истражена земљишта Београда средње до максимално обезбеђена овим елементом. Највиша средња вредност концентрације K утврђена је у површинским (39,73 mg/100g) и доњим (34,24 mg/100g) слојевима земљишта паркова, нешто нижа у површинским (26,53 mg/100g) и доњим (17,89 mg/100g) слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта и у површинским (26,24 mg/100g) и доњим (20,39 mg/100g) слојевима земљишта индустријских комплекса/зона, а најнижа у површинским (17,05 mg/100g) и доњим (14,88 mg/100g) слојевима истражених земљишта урбаних шума (Графикон 17 и 18).

Истраживања Madrid et al. (2002) хемијских карактеристика земљишта зелених површина Севиле (Шпанија) такође, су показала изузетно високе концентрације P и K. У површинским слојевима истражених земљишта зелених површина Севиле утврђена је средња вредност концентрације P од 86 mg/kg, док је она у доњим слојевима земљишта износила 59,00 mg/kg. Средња вредност концентрације K овде је била виша од P и то и у површинским (350 mg/kg) и у доњим (286 mg/kg) слојевима земљишта.



Графикон 17. Присуство лако приступачних облика Р и К у површинским слојевима истражених земљишта Београда у односу на различите типове њиховог коришћења



Графикон 18. Присуство лако приступачних облика Р и К у доњим слојевима истражених земљишта Београда у односу на различите типове њиховог коришћења

Истраживања хемијских карактеристика земљишта Балтимора (САД) Rouyat et al. (2007a) показала су да је најнижа средња концентрација Р утврђена у земљиштима урбаних шума (373 mg/kg), нешто виша у земљиштима под комерцијалних коришћењем (497 mg/kg) и земљиштима паркова (486 mg/kg), а да је највиша средња вредност концентрације Р утврђена у земљиштима индустријских и отворених градских простора (706 mg/kg). У земљиштима Балтимора (САД) утврђено је и изузетно високо присуство К. Најнижа средња вредност концентрације К овде је, као и за Р, измерена у шумским земљиштима (561 mg/kg), нешто виша у земљиштима индустријских и отворених градских простора (924 mg/kg) и земљиштима паркова (1.038 mg/kg), а највиша у земљиштима под комерцијалним коришћењем

(1.177 mg/kg). За разлику од претходних истраживања Мао et al. (2014) земљишта Пекинга (Кина) показала су да је у њима знатно ниже присуство Р у односу на присуство К. Највиша средња вредност концентрације Р овде је утврђена у индустријским земљиштима (31,15 mg/kg), знатно нижа у земљиштима дуж саобраћајница (19,330 mg/kg), а најнижа у земљиштима паркова (16,15 mg/kg). Такође, истраживања Мао et al. (2014) показала су да је овде највиша средња вредност концентрације К измерена у земљиштима дуж саобраћајница (209,76 mg/kg), нешто нижа у индустријским земљиштима (145,36 mg/kg), а најнижа у земљиштима паркова (166,14 mg/kg).

Резултати истраживања земљишта Београда показала су да средње вредности лако приступачног облика Р површинских и доњих слојева истражених земљишта урбаних шума имају знатно нижу средњу вредност у односу на средње вредности лако приступачног облика Р у површинским (13,4 пута) и доњим слојевима (25,8 пута) истражених земљишта паркова и површинским (5,9 пута) и доњим слојевима (8,2 пута) истражених земљишта уз саобраћајна чворишта, док су најниже разлике утврђене у односу на средњу вредност лако приступачног облика Р у површинским (5,9 пута) и доњим слојевима (8,2 пута) истражених земљишта индустријских комплекса/зона. У сагласности са приказаним резултатима су и резултати Rouyat et al. (2007a) који су показали да је присуство Р у шумским земљиштима било 1,9 пута ниже у односу на његово присуство у индустријским земљиштима и земљиштима отворених градских простора, а 1,3 пута у односу на земљишта по комерцијалним коришћењем и земљишта паркова. И истраживања Vratuše (1986) земљишта Новог Београда показала су да се присуство лако приступачног облика Р у површинским слојевима истражених земљишта кретао у распону од 4-30 mg/kg, а садржај лако приступачног облика К у распону од 9-40 mg/kg. Резултати истраживања земљишта Београда показала су да се у површинским слојевима земљишта паркова присуство лако приступачног облика Р кретало у распону од 0,52-558,74 mg/100g, а К 19,24-98,79 mg/100g, што указује на акумулацију ових елемената у истраженим земљиштима Београда.

Београд је услед интензивног процеса урбанизације, насељавања великог броја становника, изградње многих грађевинских објеката и саобраћајне инфраструктуре, посебно током друге половине XX века, претрпео значајне измене у својој структури и дотадашњем типу коришћења земљишта. Убрзана експанзија града, утицала је на повећање степена загађења урбаних земљишта разним загађујућим материјама. Како су индустријска производња и саобраћај препознати као главни загађивачи животне средине Београда, истраживања загађења земљишта посебно тешким металима постала су посебно значајна за процену утицаја ових коришћења урбаног земљишта на стање градске животне средине. И други аутори (Rouyat et al., 2007b; Liu et al., 2020) препознали су градски саобраћај и индустријску производњу, као најзначајније изворе загађења урбаних земљишта посебно тешким металима.

Резултати истраживања присуства тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраженим земљиштима Београда у односу на тип њиховог коришћења показала су да у површинским слојевима истражених земљишта постоје статистички значајне разлике између средњих вредности концентрација Zn, Cd и Cr, у односу на тип њиховог коришћења. Такође, резултати су показали да и у доњим слојевима истражених земљишта Београда постоје статистички значајне разлике у средњим вредностима концентрација Cu, Cd и Cr у односу на тип њиховог коришћења.

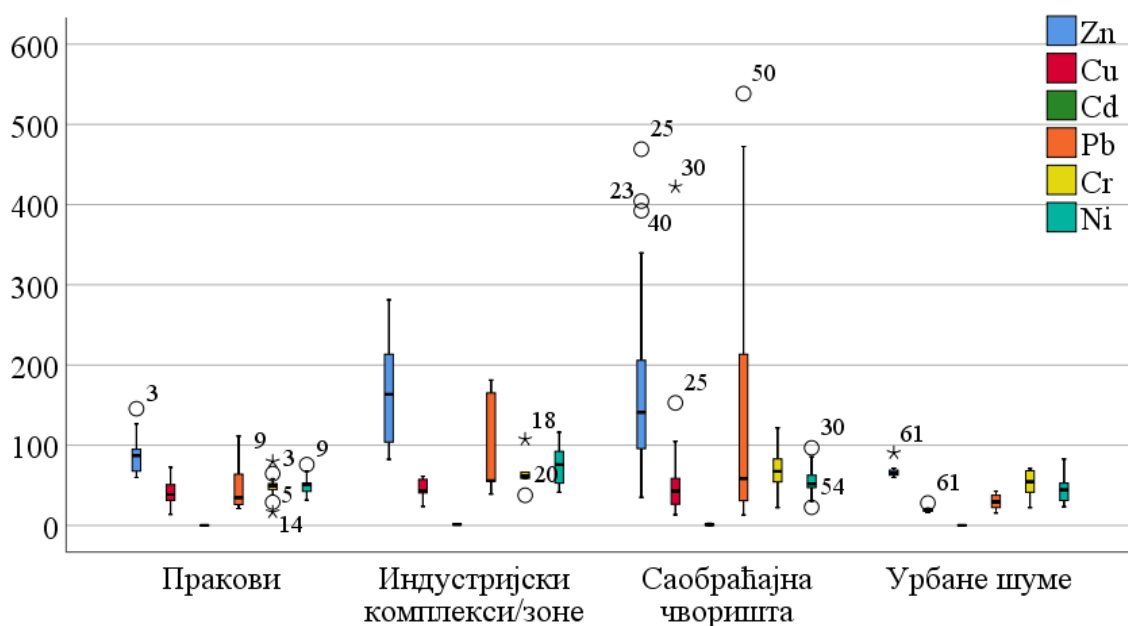
Истраживања земљишта Београда показују да је највиша средња вредност концентрације **Zn** утврђена у површинским (168,91 mg/kg) слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона. Ова средња вредност концентрације Zn прекорачује ГМВ (140 mg/kg) и његову референтну вредност (68,14 mg/kg). Такође, и средња вредност концентрације Zn у површинским (166,13 mg/kg) слојевима истражених земљишта уз саобраћајна чворишта превазилазе ГМВ и његову референтну вредност, док је његова средња вредност концентрације у површинским (87,07 mg/kg) слојевима земљишта паркова била виша само од његове референтне вредности (Графикон 19). У површинским слојевима истражених

земљишта урбаних шума, средња вредност концентрације Zn (67,85 mg/kg) била је на горњој граници његове референтне вредности. У сагласности са приказаним резултатима су и резултати истраживања Nu et al. (2013) урбаног земљишта подручја делте реке Бисер (Кина), која су показала да је највиша средња вредност концентрације Zn утврђена у земљиштима индустријске зоне града (1,08 mg/kg), а најнижа у шумским земљиштима у непосредној близини града (0,29 mg/kg). Истраживања земљишта Беча (Аустрија) показала су да је највиша средња вредност концентрације Zn утврђена у индустријским земљиштима (170 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (149 mg/kg), а најнижа у земљиштима паркова (137 mg/kg) (Pfleiderer et al., 2012). За разлику од ових резултата, резултати истраживања Horváth et al. (2015) земљишта града Сопрон (Мађарска) показала су да је највиша средња концентрација Zn утврђена у површинским слојевима земљишта паркова (198,0 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (155,6 mg/kg) и земљиштима у индустријској зони града (121,0 mg/kg), а најнижа у шумским земљиштима (117,7 mg/kg). За разлику од претходних истраживања, истраживања Greinert (2015) урбаног земљишта Зелене Горе (Пољска), показала су да је највиша средња концентрација Zn утврђена у земљиштима паркова (92,1 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (75,6 mg/kg) и у шумским земљиштима (54,5 mg/kg), а најнижа у земљиштима индустријске зоне града (42,8 mg/kg).

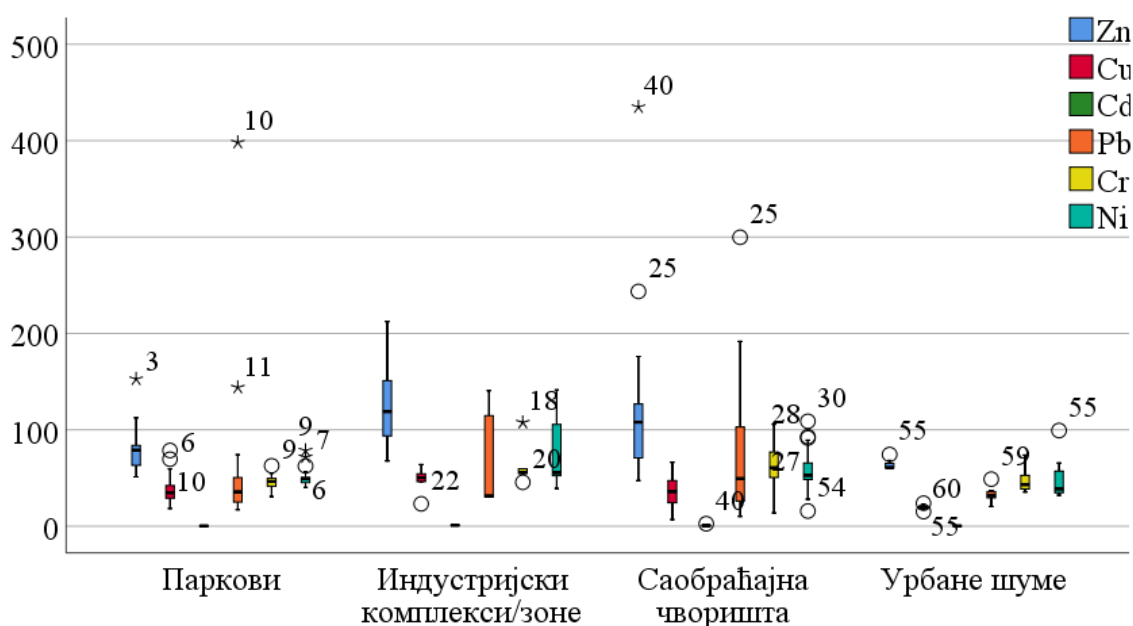
Истраживањем земљишта Београда утврђено је да средње вредности концентрација Zn опадају са његовом дубином. Као и у површинским слојевима и у доњим слојевима истражених земљишта Београда највиша средња вредност концентрације Zn утврђена је у земљиштима индустријских комплекса/зона (128,71 mg/kg), нешто нижа у земљиштима уз саобраћајна чворишта (113,81 mg/kg), док су најниже средње вредности концентрација Zn утврђене у земљиштима паркова (79,96 mg/kg) и урбаних шума (63,65 mg/kg) (Графикон 20). На основу ових резултата може се закључити да су у доњим слојевима истражени земљишта Београда све утврђене средње вредности концентрација Zn ниже од ГМВ, док је од његове референтне вредности (као и у површинским слојевима) нижа само средња вредност концентрације Zn у земљиштима урбаних шума. Као и приказани резултати и резултати истраживања Horváth et al. (2015) земљишта Сопрона (Мађарска) показала су да у доњим слојевима средње вредности концентрација Zn опадају са његовом дубином, али за разлику од истраживања у Београду, највиша средња вредност концентрација Zn овде је утврђена у земљиштима паркова (149,5 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (133,8 mg/kg) и земљиштима у индустријској зони града (84,7 mg/kg), а најнижа у шумским земљиштима (59,9 mg/kg). Истраживање земљишта Београда показала су да се у погледу средњих вредности концентрације Zn у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта значајно разликују од утврђених средњих вредности концентрација Zn у истраженим земљиштима паркова и урбаних шума, што је у сагласности са наводима Adachi and Tainosho (2004) и Blok (2005) да се Zn највише акумулира у земљиштима дуж саобраћајница.

Истраживањем земљишта Београда утврђено је да су измерене максималне вредности концентрација Zn у површинским (469,12 mg/kg) и доњим (434,86 mg/kg) слојевима истраженим земљиштима саобраћајних чворишта, у површинским (281,20 mg/kg) и доњим (212,22 mg/kg) слојевима земљишта индустријских комплекса/зона и површинским (145,49 mg/kg) и доњим (152,65 mg/kg) слојевима земљишта паркова више од ГМВ. До сличних резултата дошли су и Ghariani et al. (2010) истражујући земљишта улица Београда. Они су утврдили да је средња вредност концентрације Zn у овим земљиштима износила 268,37 mg/kg, а да су се његове измерене вредности кретале у распону од 132,63-734,16 mg/kg.

За разлику од Zn највиша средња вредност концентрације **Cu** у површинским слојевима истражених земљишта Београда утврђена је у земљиштима уз саобраћајних чворишта (58,70 mg/kg), а најнижа у земљиштима урбаних шума (19,50 mg/kg). Средња вредност концентрације **Cu** у површинским слојевима у земљиштима индустријских комплекса/зона износила је (45,23 mg/kg), а у земљиштима паркова (41,61 mg/kg) (Графикон 19).



Графикон 19. Средње вредности концентрација тешких метала у површинским слојевима земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења



Графикон 20. Средње вредности концентрација тешких метала у доњим слојевима земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења

Утврђено је да само средња вредност концентрације Cu у земљиштима урбаних шума нема вишу концентрацију од ГМВ (36 mg/kg) и његове референтне вредности ($31,8 \text{ mg/kg}$), исто као и вредност измерене максималне концентрације Cu ($28,04 \text{ mg/kg}$) у овим земљиштима. У сагласности са приказаним резултатима су и истраживања *Hu et al. (2013)* урбаних земљиштима подручја делте реке Прел (Кина) где је највиша средња вредност концентрација Cu утврђена у земљиштима индустријске зоне града ($3,65 \text{ mg/kg}$), а најнижа у шумским земљиштима ($0,52 \text{ mg/kg}$). Такође, у сагласности са резултатима истраживања земљишта Београда су и истраживања *Pfleiderer et al. (2012)* која су показала да је средња вредност концентрације Cu у земљиштима Беча (Аустрија) била највиша у индустријским земљиштима

(45,5 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (43 mg/kg), а најнижа у земљиштима паркова (38 mg/kg). За разлику од претходних истраживања, истраживања Horváth et al. (2015) земљишта Сопрона (Мађарска) показала су да је у површинским слојевима највиша средња вредност концентрације **Cu** утврђена у земљиштима паркова (97,7 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (86,0 mg/kg) и у земљиштима у индустријској зони града (54,9 mg/kg), а најнижа у шумским земљиштима (42,2 mg/kg).

Резултати истраживања земљишта Београда показали су да средње вредности концентрација **Cu** у доњим слојевима истражених земљишта не прате средње вредности концентрација **Cu** у површинским слојевима, тако да је овде највиша средња концентрација **Cu** утврђена у земљиштима индустријских комплекса/зона (47,62 mg/kg), нешто нижа у земљиштима паркова (38,16 mg/kg) и у земљиштима уз саобраћајна чворишта (36,14 mg/kg), а најнижа у истраженим земљиштима урбаних шума (19,70 mg/kg) (Графикон 20). На основу ових резултата може се закључити да средње вредности концентрација **Cu** у земљиштима паркова и саобраћајних чворишта опадају са његовом дужином, док у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона и урбаних шума оне са дужином земљишта незнатно расту. Делимично у сагласности са резултатима истраживања земљишта у Београду су истраживања Linde et al. (2001) земљишта Стокхолма (Шведска) која су показала да је средња вредност концентрације **Cu** у доњим слојевима истражених земљишта била највиша у земљиштима паркова (30 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (28 mg/kg), а најнижа у природним земљиштима (23 mg/kg). Утврђено је да у истраженим површинским слојевима земљишта урбанистичких зона Београда не постоје значајне разлике у средњим вредностима концентрација **Cu**, док је уочено да се доњи слојеви земљишта урбаних шума значајно разликују од доњих слојева земљишта паркова, индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта.

Истраживањем земљишта Београда утврђено је да су измерене максималне концентрације **Cu** у површинским слојевима истражених земљишта паркова (72,89 mg/kg), индустријских комплекса/зона (61,17 mg/kg) и уз саобраћајна чворишта (422,42 mg/kg) више од ГМВ и његове референтне вредности (Графикон 19). Такође, утврђено је да је измерена максимална вредност **Cu** у земљиштима уз саобраћајна чворишта била виша и од његове ремедијационе вредности (190 mg/kg). Истраживања Ghariani et al. (2010) земљишта улица Београда у сагласности су са приказаним резултатима. Она су показала да је средња вредност концентрације **Cu** износила 122,29 mg/kg, а да су се његове измерене концентрације кретале у распону од 48,61-314,80 mg/kg. Такође, истраживањем земљишта Београда утврђено је да у доњим слојевима измерене максималне концентрације **Cu** у земљиштима паркова (78,56 mg/kg) и индустријских комплекса/зона (64,02 mg/kg) расту са његовом дужином, док у истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта (66,33 mg/kg) она значајно опадају са његовом дужином (Графикон 20).

Резултати истраживања земљишта Београда показали су да је највиша средња вредност концентрације **Cd** у површинским слојевима истражених земљишта утврђена у земљиштима индустријских комплекса/зона (1,30 mg/kg), нешто нижа у земљиштима уз саобраћајна чворишта (1,06 mg/kg) и у земљиштима паркова (0,24 mg/kg), а најнижа у површинским слојевима земљишта урбаних шума (0,27 mg/kg) (Графикон 19). Такође, показано је да средње вредности концентрација **Cd** утврђене у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта су више од ГМВ (0,8 mg/kg) и његове референтне вредности (0,86 mg/kg). У сагласности са резултатима истраживања у Београду су и резултати Pfeleiderer et al. (2012) истраживања урбаних земљишта Беча (Аустрија) која су показала да је средња вредност концентрације **Cd** у површинским слојевима била највиша у индустријским земљиштима (0,7 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (0,6 mg/kg), а најнижа у земљиштима паркова (0,5 mg/kg). Такође, у сагласности са истраживањима земљишта Београда су и истраживања Linde et al. (2001) земљишта Стокхолма (Шведска) која су показала да је средња вредност концентрације **Cd** у површинским слојевима земљишта највиша у земљиштима дуж саобраћајница (0,37 mg/kg), нешто нижа у земљиштима паркова (0,35 mg/kg), а најнижа у природним земљиштима

(0,27 mg/kg). За разлику од датих истраживања, истраживања Horváth et al. (2015) површинских слојева земљишта Сопрон (Мађарска) показала су знатно више средње вредности концентрације Cd, при чему је његова највиша средња вредност концентрације утврђена у земљиштима дуж саобраћајница (2,3 mg/kg), нешто нижа у земљиштима паркова (1,8 mg/kg) и у земљиштима у индустријској зони града (1,7 mg/kg), а најнижа у шумским земљиштима (1,2 mg/kg). Истраживања Greinert (2015) урбаног земљишта града Зелена Гора (Пољска) делимично су у сагласности са резултатима истраживања земљишта Београда. Највиша средња вредност концентрације Cu овде је утврђена у земљиштима паркова (35,8 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (25,0 mg/kg) и даље у шумским земљиштима (17,3 mg/kg), а најнижа у земљиштима индустријске зоне града (10,6 mg/kg).

У доњим слојевима истраживаних земљишта Београда средње вредности концентрација Cd прате његове средње вредности концентрација у површинским слојевима. Највиша средња вредност концентрације Cd измерена је у доњим слојевима земљишта индустријских комплекса/зона (1,07 mg/kg), нешто нижа у доњим слојевима земљишта саобраћајних чворишта (0,74 mg/kg) и урбаних шума (0,28 mg/kg), а незнатно мања у земљиштима паркова (0,26 mg/kg). Такође, утврђено је да само добијена средња вредност концентрације Cd у доњим слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона је виша од ГМВ и његове референтне вредности (Графикон 20). Истраживањем земљишта Београда утврђено је и да постоје значајне разлике у утврђеним средњим вредностима концентрације Cd у оба слоја земљишта урбаних шума и паркова у односу на земљишта индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта. Истраживања Horváth et al. (2015) земљишта Сопрон (Мађарска) делимично су у сагласности да приказаним резултатима. Ова истраживања показала су да је доњим слојевима највиша средња вредност концентрације Cd измерена у земљиштима дуж саобраћајница (2,1 mg/kg), нешто нижа у земљиштима паркова (1,8 mg/kg) и у земљиштима у индустријској зони града (1,4 mg/kg), а најнижа у шумским земљиштима (0,9 mg/kg), при чему је такође утврђено да средње вредности концентрација Cd овде опадају са дужином у свим типовима коришћења земљишта, осим у парковима где су средње вредности концентрација овог елемента једнаке у оба слоја земљишта. Међутим, резултати истраживања земљишта Београда показали су да средње вредности концентрација Cd опадају са дужином земљишта у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта, а у истраженим земљиштима паркова и урбаних шума средње вредности концентрација Cd расту са дужином земљишта, што се доводи у везу са карактеристикама геолошке подлоге Београда (Mrvić et al., 2009). И истраживања Linde et al. (2001) земљишта Стокхолма (Шведска) показују да је средња вредност концентрације Cd у доњим слојевима истражених земљишта највиша у земљиштима саобраћајница (0,34 mg/kg), нешто нижа и у земљиштима паркова (0,16 mg/kg) и у природним земљиштима (0,16 mg/kg).

Истраживања Ghariani et al. (2010) земљишта улица Београда показала су да је средња вредност концентрације Cd износила 8,9mg/kg, а његове измерене вредности кретале су се у распону од 4,01-17,75 mg/kg. Истраживањем земљишта Београда, утврђено је да максималне измерене вредности концентрације Cd у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона (1,88 mg/kg) и истражених земљишта уз саобраћајна чворишта (2,77 mg/kg) превазилазе ГМВ (0,8 mg/kg) и његову референтну вредност (0,86 mg/kg). Такође, и максималне концентрације Cd у доњим слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона (1,49 mg/kg) и уз саобраћајна чворишта (2,59 mg/kg) више су од ГМВ.

Највише средње вредности концентрација **Pb** у истраженим земљиштима Београда утврђене су у површинским слојевима земљишта уз саобраћајних чворишта (161,61 mg/kg) и у земљиштима индустријских комплекса/зона (99,32 mg/kg) (Графикон 19). Ове утврђене средње вредности концентрација више су и од ГМВ (85 mg/kg) и референтне вредности (54,92 mg/kg). Средње вредности концентрација Pb у површинским слојевима истражених земљишта паркова (47,55 mg/kg) и урбаних шума (30,30 mg/kg) знатно су ниже и од ГМВ и од његове референтне вредности. Делимично у сагласности са резултатима истраживања у Београду су и резултати истраживања Pouyat et al. (2007a) различитих типова коришћења

земљишта Балтимора (САД) која су показала да је највиша средња вредност концентрација Pb утврђена у индустријским земљиштима и земљиштима отворених градских простора (258 mg/kg), нешто нижа у земљиштима комерцијалног коришћења (226 mg/kg) и шумским земљиштима (113 mg/kg), а најнижа у земљиштима паркова (109 mg/kg). Такође, делимично у сагласности са резултатима добијеним истраживањем земљишта у Београду су и резултати истраживања Мао et al. (2014) урбаних земљишта Пекинга (Кина) где је утврђено да је највиша средња вредност концентрације Pb измерена у земљиштима у индустријској зони града (41,51 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (24,74 mg/kg) и у шумским земљиштима (19,79 mg/kg), а најнижа у земљиштима паркова (16,58 mg/kg).

Утврђене средње вредности концентрација Pb у доњим не прате његове средње вредности концентрација утврђене у површинским слојевима истражених земљишта Београда. Највиша средња вредност концентрације Pb овде је измерена у земљиштима паркова (91,99 mg/kg), нешто нижа у земљиштима индустријских комплекса/зона (69,43 mg/kg) и земљиштима уз саобраћајних чворишта (68,12 mg/kg), а најнижа у земљиштима урбаних шума (32,51 mg/kg) (Графикон 20). Такође, утврђено је да у доњим слојевима само средња вредност концентрације Pb у истраженим земљиштима паркова превазилази ГМВ, док су средње вредности концентрација Pb у доњим слојевима земљишта уз саобраћајних чворишта и индустријских комплекса/зона више од његове референтне вредности. Утврђена средња вредност концентрације Pb у доњим слојевима земљишта урбаних шума мања је и од ГМВ и од његове референтне вредности. Као и приказани резултати и резултати истраживања Horváth et al. (2015) доњих слојева земљишта Сопрона (Мађарска) показала су да је највиша средња вредност концентрације Pb утврђена у земљиштима паркова (269,9 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (143,6 mg/kg) и у шумским земљиштима (89,5 mg/kg), а најнижа у индустријској зони града (93,7 mg/kg). И у истраженим земљиштима Сопрона (Мађарска), као и у истраженим земљиштима Београда утврђено је да средње вредности концентрација Pb расту са дужином у земљиштима паркова. Истраживања Linde et al. (2001) земљишта Стокхолма (Шведска) делимично су у сагласности истраживањима земљишта Београда. Овде је показано да је највиша средња вредност концентрације Pb утврђена у доњим слојевима земљишта дуж саобраћајница (26 mg/kg), нешто нижа у земљиштима паркова (25 mg/kg), а најнижа у природном земљишту (19 mg/kg).

Истраживањем земљишта Београда утврђено је да су максималне измерене концентрације Pb у површинским слојевима земљишта индустријских комплекса/зона (181,35 mg/kg) и паркова (111,28 mg/kg) више од ГМВ. Максимална измерена вредност Pb у површинским слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта (1.308,38 mg/kg) виша је и од његове ремедијационе вредности (530 mg/kg). Такође, и у доњим слојевима максималне измерене концентрације у земљиштима индустријских комплекса/зона (140,67 mg/kg) и земљишта уз саобраћајна чворишта (299,71 mg/kg) више су од ГМВ. Утврђено је и да је максимална измерена концентрација Pb у земљиштима паркова (898,13 mg/kg) виша и од његове ремедијационе вредности. Максимална концентрација Pb у површинским (42,73 mg/kg) и доњим (48,81 mg/kg) слојевима земљишта урбаних шума нижа је од ГМВ и референтне (Табеле 5 и 11). Истраживања Ghariani et al. (2010) земљишта улица Београда, такође су показала високе концентрације Pb. Средња вредност концентрације Pb овде је износила 350,06 mg/kg, док су се вредности концентрација Pb овде кретале у распону од 46,51-1.847,64 mg/kg, што је у сагласности са резултатима добијеним истраживањем земљишта Београда.

Највише средње вредности концентрација Cr у површинским слојевима истражених земљишта Београда утврђене су у земљиштима уз саобраћајна чворишта (67,15 mg/kg) и у земљиштима индустријских комплекса/зона (66,27 mg/kg), а нешто ниже у земљиштима урбаних шума (51,64 mg/kg) и у земљиштима паркова (48,02 mg/kg) (Графикон 19). Утврђене средње вредности концентрација Cr у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона и саобраћајних чворишта мање су од његове ГМВ (100 mg/kg) али су зато више од његове референтне вредности (52,40 mg/kg). Утврђене средње вредности

концентрација Cr у површинским слојевима истражених земљишта паркова и урбаних шума ниже су од ГМВ (100 mg/kg) и од његове референтне вредности. У сагласности са приказаним истраживањима су и истраживања Pflaiderer et al. (2012) земљишта Беча (Аустрија) где је највиша средња вредност концентрације Cr утврђена у индустријским земљиштима (38 mg/kg), док су средње вредности концентрација Cr у земљиштима дуж саобраћајница (36 mg/kg) и паркова (36 mg/kg) биле једнаке. Истраживања Pouyat et al. (2007a) различитих типова коришћења земљишта Балтимора САД), делимично су у сагласности са резултатима истраживања земљишта Београда. Поменуто истраживања показују да је средња вредност концентрације Cr била највиша у земљиштима индустријских и отворених градских простора (98 mg/kg), нешто нижа у земљиштима парковима (91 mg/kg) и у земљиштима шума (53 mg/kg), а најнижа у земљишту под комерцијалним коришћењем (50 mg/kg). И истраживања Мао et al. (2014) земљишта Пекинга (Кина), делимично су у сагласности са резултатима истраживања земљишта Београда. Она су показала да је највиша средња концентрација Cr утврђена у земљиштима дуж саобраћајница (55,56 mg/kg) и у шумским земљиштима (55,19 mg/kg), нешто нижа у земљиштима индустријске зоне града (54,03 mg/kg), а најнижа у земљиштима паркова (53,69 mg/kg).

Највише средње вредности концентрација Cr у доњим слојевима истражених земљишта Београда утврђене су у земљиштима индустријских комплекса/зона (64,72 mg/kg) и земљиштима уз саобраћајна чворишта (62,1584 mg/kg), а нешто ниже у земљиштима урбаних шума (46,96 mg/kg) и у земљиштима паркова (45,762 mg/kg) (Графикон 20). Као и у површинским слојевима само средње вредности концентрација Cr утврђене у доњим слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта су више од његове референтне вредности, док ниједна утврђена средња вредност концентрације Cr у различитим типовима њиховог коришћења није виша од ГМВ. Истраживања Linde et al. (2001) земљишта Стокхолма (Шведска) делимично су у сагласности са резултатима истраживања земљишта Београда. Она су показала да је највиша средња вредност концентрације Cr у утврђена у доњим слојевима земљишта паркова (40 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (36 mg/kg), а најнижа у природним земљиштима (35 mg/kg). Утврђено је да постоје значајне разлике у средњим вредностима концентрација Cr у оба слоја између земљишта паркова и оних уз саобраћајна чворишта.

Максимална концентрација Cr у истраженим земљиштима површинских (121,58 mg/kg) и доњих слојева (105,75 mg/kg) истражених земљишта уз саобраћајна чворишта, као и у површинским (107,37 mg/kg) и доњим (107,65 mg/kg) слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона биле су више од ГМВ. У сагласности са приказаним резултатима су и истраживања Ghariani et al. (2010) земљишта улица Београда која су показала да средња вредност концентрације Cr износи 70,23 mg/kg, а да су се његове вредности концентрација кретале у распону од 43,15-159,96 mg/kg.

Истраживањем земљишта Београда утврђено је да је највиша средња вредност концентрације Ni у површинским слојевима истражених земљишта утврђена у земљиштима индустријских комплекса/зона (75,73 mg/kg), а нешто нижа у земљиштима уз саобраћајних чворишта (54,63 mg/kg) и у земљиштима паркова (50,04 mg/kg), а најнижа у земљиштима урбаних шума (46,16 mg/kg) (Графикон 19). Истраживања Pflaiderer et al. (2012) земљишта Беча делимично су у сагласности са резултатима истраживања земљишта Београда. Она су показала да је највиша средња вредност концентрације Ni у земљиштима дуж саобраћајница (29 mg/kg), нешто нижа у земљиштима паркова (28 mg/kg), а најнижа у индустријским земљиштима (26,5 mg/kg). Такође и истраживања Horváth et al. (2015) земљишта града Сопрона (Мађарска) делимично су у сагласности са истраживањима земљишта Београда. Она су показала да је највиша средња концентрација Ni у површинским слојевима утврђена у земљиштима паркова (30,9 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (26,3 mg/kg) и у земљиштима у индустријској зони града (23,7 mg/kg), а најнижа у шумској зони (20,7 mg/kg).

У доњим слојевима истражених земљишта Београда средње вредности концентрација Ni

прате његове средње вредности концентрација из површинских слојева. Највиша средња вредност концентрације Ni измерена у доњим слојевима утврђена је у земљиштима индустријских комплекса/зона (78,79 mg/kg), нешто нижа у доњим слојевима земљишта уз саобраћајна чворишта (57,71 mg/kg) и у земљиштима паркова (51,18 mg/kg), а најнижа у земљиштима урбаних шума (48,86 mg/kg) (Графикон 20). Истраживања Horváth et al. (2015) земљишта Сопрона (Мађарска) су делимично у сагласности са резултатима истраживања земљишта Београда. Она су показала да је највиша средња вредност концентрације Ni у доњим слојевима утврђена у земљиштима паркова (31,8 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (25,7 mg/kg), и у земљиштима индустријске зоне града (21,4 mg/kg), а најнижа у шумској зони (15,8 mg/kg). И истраживања Linde et al. (2001) земљишта Стокхолма (Шведска) делимично су у сагласности са резултатима истраживања земљишта Београда. Она су показала да је највиша средња вредност концентрације Ni у доњим слојевима земљишта утврђена у земљиштима паркова (21,7 mg/kg), нешто нижа у земљиштима дуж саобраћајница (18,7 mg/kg), а најнижа у природним земљиштима (16,0 mg/kg). Истраживањем земљишта Београда утврђено је да су средње вредности концентрације Ni у површинским слојевима истражених земљишта паркова и урбаних шума, као и средње вредности концентрација Ni у доњим слојевима истражених земљишта свих типова коришћења биле ниже од његове референтне вредност. До сличних резултата дошли су и Liu et al. (2020) истражујући земљишта урбаних паркова Пекинга, која су такође показала да средња вредност концентрације Ni овде није била виша од његове референтне вредности. Такође, истраживањем земљишта Београда утврђено је да средње вредности концентрација Ni расту са дубином земљишта у свим истраживаним типовима његовог коришћења, што је првенствено резултат специфичног геолошког супстрата који се карактерише повишеним концентрацијама Ni и Cr (Mrvić et al., 2009). Утврђене више концентрације Ni у доњим слојевима земљишта показала су и истраживања Linde et al. (2001), која су утврдила више концентрације Cr у доњим слојевима земљишта паркова (40 mg/kg) у односу на површинске слојеве (35 mg/kg), као и земљишта дуж путева (35 mg/kg доњи слој, 25 mg/kg површински слој). Истраживања земљишта Београда показала су да се средње вредности концентрације Ni у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона значајно се разликују у односу на средње концентрације Ni у површинским слојевима истражених земљишта паркова, земљишта уз саобраћајна чворишта и урбаних шума. Ова истраживања, такође су показала да не постоје значајне разлике у средњим вредностима концентрације Ni између доњих слојевима различитих типова њиховог коришћења.

Највише максималне концентрације Ni истражених земљишта Београда утврђене су у површинским слојевима истражених земљишта индустријских комплекса/зона (116,16 mg/kg) и у површинским слојевима истражених земљиштима уз саобраћајна чворишта (96,75 mg/kg), а нешто ниже вредности максималне концентрације утврђене су у истраженим земљиштима урбаних шума (82,76 mg/kg) и паркова (75,86 mg/kg). У доњим слојевима највиша максимална концентрација Ni такође је утврђена у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона (141,36 mg/kg) и земљиштима уз саобраћајна чворишта (108,88 mg/kg), а незнатно нижа у доњим слојевима истражених земљишта урбаних шума (99,24 mg/kg), а најнижа у истраженим земљиштима паркова (78,62 mg/kg). Приказани резултати показали су да средња вредност концентрације Ni, као и његове максималне концентрације расту са дубином земљишта. Истраживања Ghariani et al. (2010) делимично су у сагласности са приказаним резултатима и показала су да је средња вредност концентрације Ni земљишта улица Београда износила 123,67 mg/kg, при чему су се његове измерене вредности овде кретале у распону од 57,65-360,95 mg/kg.

Резултати истраживања земљишта Београда показали су да су највише средње вредности концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb Cr и Ni) утврђене у земљиштима уз саобраћајна чворишта и у земљиштима индустријских комплекса/зона, у односу на земљишта паркова и урбаних шума. Може се закључити да су у земљиштима Београда значајан извор тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) пре свега интензиван саобраћај и индустријска активност. У

прилог наведеном су и истраживања многих аутора (Sezgin et al., 2003; Ajmone-Marsan and Biasioli, 2010; Wei and Yang, 2010; Guney et al., 2010; Martínez and Poletto, 2014; Zhang et al., 2015; Woszczyk et al., 2018; Zhang et al., 2019; Yu et al., 2019; Liu et al., 2020) која су показала да су највише средње вредности концентрација тешких метала утврђене у земљиштима у непосредној близини саобраћајница и индустријских постројења. Такође, 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 концентрације биле више од ГМВ, а у случају Cu и Pb више и од њихових ремедијационих вредности.

5.3. Утицај антропогеног фактора на степен загађења земљишта тешким металима

Анализа утицаја антропогеног фактора на степен загађења земљишта Београда тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) вреднована је на основу утврђивања њиховог порекла (извора) у истраживаним земљиштима помоћу корелационе матрице и факторске анализе (PCA), индекса загађења (PI, P_{Nemerov} , PLI, Er и RI), утврђивањем значајности разлика између добијених средњих вредности концентрација ових тешких метала у истраженим земљиштима Београда у односу на њихове референтне вредности (t-тест). Такође, извршена је процентуална заступљеност свих анализираних узорака земљишта са вишим концентрацијама истраживаних тешких метала у односу на њихове референтне вредности и ГМВ. На основу резултата дво-факторске анализе варијансе која је показала да не постоје статистички значајне разлике у средњим вредностима концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у односу на степен урбанизације (припадност различитим урбанистичким зонама града) и тип коришћења земљишта по дубини земљишта. Израчунавање индекса загађења истражених земљишта Београда изведено је заједно и за површински (0-10 cm) и за доњи слој (10-40 cm) земљишта.

5.3.1. Утицај антропогеног фактора на степен загађења земљишта тешким металима у односу на степен урбанизације града

Да би се вредновао степен загађења урбаних земљишта тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) потребно је утврдити њихово порекло. Порекло (извор) тешких метала у земљиштима може бити последица геолошког (природног) и/или антропогеног фактора (Li et al. 2013; Alsaleh et al. 2018). Значај утврђивања порекла ових метала лежи у чињеници да уколико је њихово порекло антропогено интензитет загађења земљишта ће бити већи, јер је тада већа и бржа њихова акумулација у земљишту (Chen et al. 2005; Wang et al. 2005; Alloway 2013). Такође, тешки метали пореклом из антропогених извора су у земљишту мобилнији у односу на њихове форме које су природног (геолошког) порекла (Wuana and Okieimen 2011).

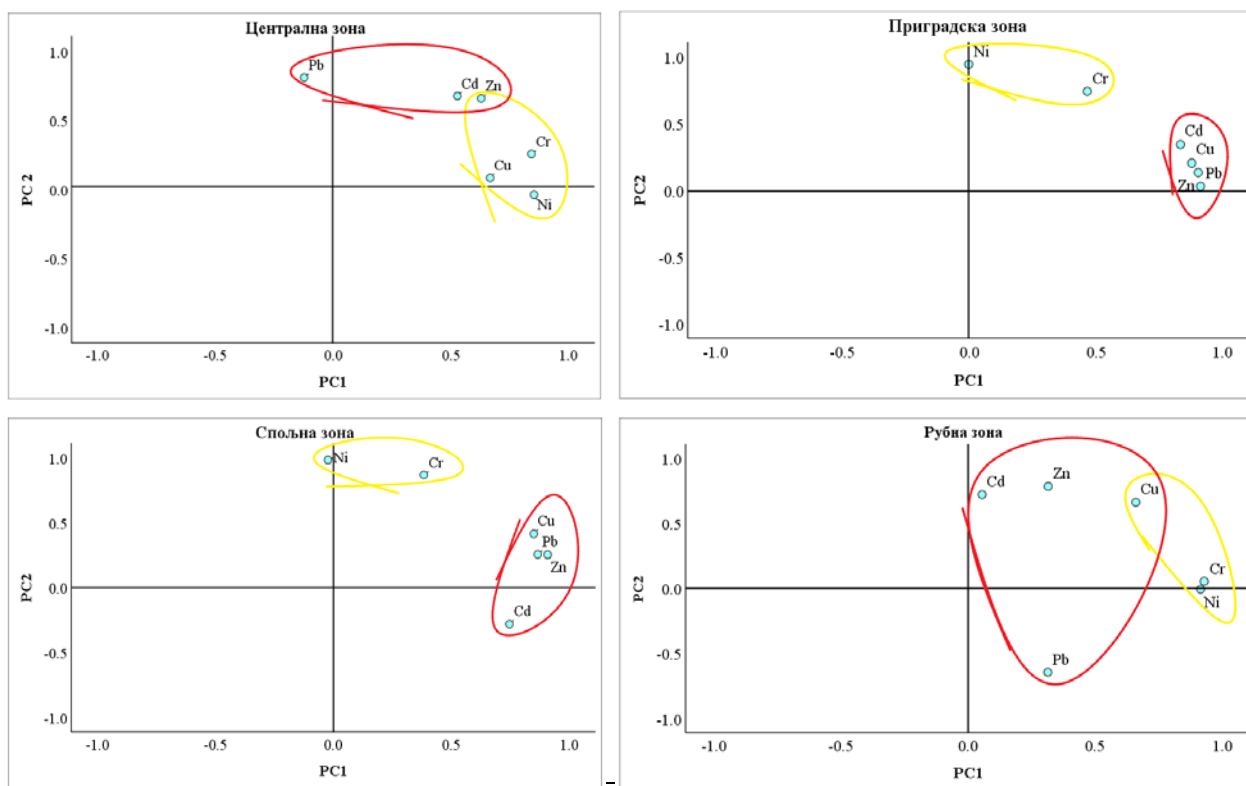
Резултати факторске анализе (PCA) показују да Cr и Ni у земљиштима свих урбанистичких зона Београда, издвајају у исту компоненту. Резултати показују да у земљиштима централне и рубне урбанистичке зоне града да Cr и Ni доминирају у PC1 компоненти, а у спољној и рубној урбанистичкој зони града у PC2 компоненти, при чему су високо корелисани у овим компонентама (Графикон 22), што указује да имају исто геолошко порекло. На заједничко порекло Cr и Ni указују и резултати корелационе матрице који су показали да су они значајно корелисани ($p < 0.01$) у земљиштима свих истражених урбанистичких зона града. Треба истаћи да су урбана земљишта под интензивним утицајем загађујућих материја тако да порекло Cr и Ni у њима, није искључиво само геолошко, већ може бити и последица утицаја антропогеног

фактора. У прилог наведеним резултатима су и резултати корелационе матрице који су показали да је у приградској урбанистичкој зони града Cr значајно корелисан са свим осталим истраживаним тешким металима, док је Ni ниско корелисан само са Cd ($p < 0.05$), а високо значајно са Cr ($p < 0.001$). У спољној урбанистичкој зони града Cr је у корелацији још и са Zn ($p < 0.05$), Cu ($p < 0.05$), Ni ($p < 0.001$), а Ni само са Cr. Такође, и резултати t-теста показали су да постоји статистички значајна разлика између референтне вредности за Cr и његових утврђених средњих вредности концентрација у истраженим земљиштима централне ($t = 2,939$; $p < 0,01$) и приградске урбанистичке зоне града ($t = 2,937$; $p < 0,01$). Значајно је истаћи да су утврђене средње вредности концентрација Cr у земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне града више (1,2 пута у обе зоне) у односу на његову референтну вредност, док су средње вредности концентрација Cr у земљиштима спољне и рубне урбанистичке зоне града ниже (1,1, пута у обе зоне) од његове референтне вредности. Такође, t-тест показао је да статистички значајне разлике постоје између референтне вредности за Ni и његових утврђених средњих вредности концентрација у истраженим земљиштима централне ($t = 2,50$; $p < 0,05$) и приградске урбанистичке зоне града ($t = 2,15$; $p < 0,05$). Такође, овај тест показао је да постоји и статистички значајна разлика између референтне вредности Ni и његове средње вредности концентрације у истраженим земљиштима рубне урбанистичке зоне града. Међутим, утврђена t-вредност ($t = -4,66$; $p < 0,01$) је негативна што указује да је средња вредност концентрације Ni (37,82 mg/kg) нижа од његове референтне вредности (52 mg/kg) у истраженим земљиштима рубне урбанистичке зоне града. На основу приказаних резултата закључује се да се повишене средње вредности концентрација Cr и Ni у истраженим земљиштима централне и приградске урбанистичких зона јављају услед антропогеног утицаја.

Поред Ni и Cr у PC1 компоненти централне урбанистичке зоне града распоредили су се и Zn и Cu, при чему се Zn распоредио у обе компоненте. Корелациона матрица показала је да је Zn високо корелисан ($p < 0.001$) са Cu и Cr, а значајно са Ni ($p < 0.001$). Такође, резултати t-теста показали су да постоје статистички значајне разлике између референтне вредности за Zn и његових утврђених средњих вредности концентрација у истраживаним земљиштима централне ($t = 6,619$; $p < 0,001$) и приградске урбанистичке зоне града ($t = 4,403$; $p < 0,001$). Ово је очекивано с обзиром да су утврђене средње вредности концентрација Zn биле 2 пута више од његове референтне вредности у овим урбанистичким зонама града. Такође, значајно је истаћи и резултате t-теста који показују да не постоје статистички значајне разлике између утврђених средњих вредности концентрација Zn у земљиштима спољне и рубне урбанистичке зоне града у односу на његову референтну вредност, што је и очекивано с обзиром да су утврђене средње вредности концентрација Zn овде биле приближно једнаке. Управо, овај резултат указује на чињеницу да је у истраженим земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне града дошло до интензивног антропогеног утицаја на повећање концентрација Zn, односно може се закључити да је порекло Zn у истраженим земљиштима различитих урбанистичких зона Београда антропогено.

Резултати факторске анализе (PCA) показали су да се Cu у истраженим земљиштима централне урбанистичке зоне града распоредио у PC1 компоненти, док се у рубној урбанистичкој зони распоредио и у PC1 и у PC2, при чему је био значајно корелисан са обе компоненте. У истраженим земљиштима приградске и спољне урбанистичке зоне града Cu доминира у PC1 компоненти. Резултати корелационе матрице показали су да је Cu значајно корелисан са Cr и Ni ($p < 0,01$) у истраженим земљиштима централне урбанистичке зоне града, док у истраженим земљиштима рубне урбанистичке зоне града није утврђена значајна корелација. Варијабилност Cu и његово порекло прецизније објашњавају резултати t-теста који су показали да постоји статистички значајна разлика између његове референтне вредности и утврђених средњих вредности концентрација за Cu у истраженим земљиштима свих урбанистичких зона града, при чему t вредности земљишта спољне ($t = -5.160$; $p < 0,001$) и рубне ($t = -12.710$; $p < 0,001$) урбанистичке зоне града су негативне што указује да су његове средње вредности концентрација у овим земљиштима ниже од референтне вредности за Cu. На основу наведених резултата може се закључити да је порекло Cu у истраженим

земљиштима приградске и спољне урбанистичке зоне града искључиво последица антропогеног порекла, а у истраженим земљиштима централне и рубне урбанистичке зоне града антропогеног, али и геолошког (Графикон. 22). У сагласности са приказаним резултатима су и истраживања Pavlović et al. (2019) земљишта и седимента дуж тока Саве који указују да је повишено присуство Cu последица антропогеног фактора.



Графикон 22. Резултати факторске анализе (PCA) индикација порекла тешких метала у земљиштима Београда у односу на степен урбанизације

Резултати факторске анализе (PCA) показали су да у свим истраженим земљиштима различитих урбанистичких зона града Cd доминира у истој компоненти, пре свега са Pb , али и са Zn и Cu (Графикон 22), стога може се закључити да Zn , Cu , Cd и Pb имају заједничко, антропогено порекло. И друга истраживања (Madrid et al. 2006; Xia et al. 2011; Zhou and Wang, 2019) показала су да је порекло Zn , Cu , Cd и Pb у урбаним земљиштима из антропогених извора загађења, а порекло Cr и Ni је из геолошког супстрата. У прилог наведеном су и резултати корелационе матрице који су показали да је Cd у високо значајној корелацији ($p < 0,001$) са Zn , али и Cr у истраженим земљиштима централне, док је у истраженим земљиштима приградске урбанистичке зоне града у високо значајној корелацији ($p < 0,001$) са Zn , Cu , Pb и Cr . Резултати t -теста су показали да постоје статистички значајне разлике између референтне вредности за Cd и његових утврђених средњих вредности концентрација у истраженим земљиштима спољне и рубне урбанистичке зоне града. У истраженим земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне града није утврђена значајна разлика, с обзиром да су добијене средње вредности концентрација Cd овде биле приближне његовој референтној вредности. Међутим, треба узети у обзир да је вредност t за сва истражена земљишта Београда била негативна, што указује на чињеницу да су утврђене средње вредности концентрација Cd ниже у односу на његову референтну вредност. Такође, резултати t -теста показали су да постоји статистички значајна разлика између референтне вредности Pb и утврђених његових средњих вредности концентрација у истраживаним земљиштима централне ($t = 2,650$; $p < 0,05$), спољне ($t = -3,383$; $p < 0,01$) и рубне урбанистичке зоне града ($t = -7,843$; $p < 0,001$). Средња вредност концентрације

Pb у истраженим земљиштима централне урбанистичке зоне значајно је виша од његове референтне вредности, што указује на знатно присуство Pb у овим земљиштима, док је његова средња вредност концентрације у истраженим земљиштима приградске урбанистичке зоне града била приближна његовој референтној вредности. На основу наведеног може се закључити да висока средња вредност концентрације Pb у истраженим земљиштима централне урбанистичке зоне града је искључиво последица антропогеног извора загађења. У истраженим земљиштима приградске урбанистичке зоне града утврђена је нижа средња вредност концентрације Pb што указује да је овде присутан знатно мањи антропогени утицај. У истраженим земљиштима спољне и рубне урбанистичке зоне града утврђено је да су средње вредности концентрација Pb биле знатно ниже од његове референтне вредности, на основу чега се закључује да су у овим земљиштима утврђене концентрације Pb искључиво последица геолошког порекла. На основу наведеног може се закључити да су у истраженим земљиштима Београда Cr и Ni геолошког порекла, при чему су у земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне њихове повишене концентрације последице утицаја антропогеног фактора. Такође, утврђено је да Zn, Cu, Cd и Pb имају исто порекло у истраженим земљиштима Београда, односно антропогено. Резултати истраживања Pavlović et al. (2019) Madrid et al. (2006), Zhou and Wang (2019) и Yang et al. (2021) у сагласности су са приказаним резултати.

Поред порекла (извора) тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраженим земљиштима Београда, ради утврђивања степена њиховим загађењем израчунати су и индекси загађења. Индекси загађења квантитативно указују на степен загађења истраживаних земљишта тешким металима (Caeiro et al., 2005; Kowalska et al., 2018).

Према вредностима PI земљишта централне урбанистичке зоне града припадају класи ниско до средње загађених, у опадајућем низу: Pb (2,46) > Zn (1,77) > Cu (1,71) > Cr (1,17) > Ni (1,11) > Cd (0,87). Изузетак је вредност PI за Cd који се овде налази на горњој граници класе незагађених земљишта. У истраженим земљиштима приградске урбанистичке зоне града вредности PI тешких метала (Zn, Cu, Pb, Cr и Ni) налазе се у класи ниског загађења, у опадајућем низу: Zn (1,96) > Pb (1,24) > Cu (1,21) > Cr (1,14) > Ni (1,11) > Cd (0,83). Изузетак овде је вредност PI за Cd, по коме ова земљишта припадају класи незагађених земљишта. У земљиштима спољне урбанистичке зоне града највише вредности PI забележене су за Ni (0,97), Zn (0,93) и Cr (0,87), тако да ова земљишта припадају класи незагађених, иако су ове вредности на горњој граници ове класе. Такође и вредности PI за Cu (0,60), Pb (0,44) и Cd (0,35) показују да су земљишта ове урбанистичке зоне града незагађена овим тешким металима. PI вредности тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраженим земљиштима рубне урбанистичке зоне града такође показују да припадају класи незагађених земљишта. Треба истаћи да се и овде утврђене PI вредности за Zn (0,96), Cr (0,90) и Ni (0,73) налазе се на горњој граници ове класе, док су утврђене PI вредности за Cu (0,60), Cd (0,47) и Pb (0,63) знатно ниже. Делимично у сагласности са истраживањима степена загађења земљишта Београда су резултати Kashyap et al. (2019) истраживања земљишта Химачал Прадешу (Индија) који су показала да је утврђена вредности PI била највиша за Cd (16,52), знатно нижа за Ni (1,21), Zn (1,06) и Cr (0,19), а најнижа за Pb (0,11). Иста истраживања показала су да је вредност PI у приградским земљиштима највиша за Cd (10,67), у земљиштима руралне зоне града утврђене су знатно ниже вредности овог индекса за Cd (3,77) које су биле знатно више од оних утврђених за истраживана земљишта Београда. Такође, више вредности PI у односу на оне утврђене у истраженим земљиштима Београда утврдили су Biasioli et al. (2006) у земљиштима Торина (Италија) и то за Pb (7,5), Cu (3,3), Zn (2,9), за Ni (2,8) и Cr (2,0). Такође, истраживања Nazarpour et al. (2019) земљиштима Ахваза (Ирак) показала су да су утврђене PI вредности за Pb (2,3), Cu (3,1), Zn (1,2) више у односу на PI вредности добијене истраживањем земљишта Београда.

Резултати истраживања степена загађења земљишта Београда показали су да је вредност $PI_{Nemerov}$ највиша за истражена земљишта централне урбанистичке зоне града (1,18), затим нижа у земљиштима приградске (0,72), док су знатно ниже вредности овог индекса утврђене у земљиштима спољне (0,33) и рубне урбанистичке зоне града (0,49). Истраживања Nazarpour et al. (2019) урбаних земљишта града Ахваза (Иран) показала су знатно вишу вредност $PI_{Nemerov}$

(2,8) у односу на утврђене вредности $PI_{Nemerov}$ истражених земљишта Београда. И истраживања земљишта града Острава (Чешка Република) показала су да је вредност $PI_{Nemerov}$ (5,14) виша од оних добијених за истражена земљишта Београда (Weissmannová et al., 2015). За разлику од приказаних резултата истражених земљишта Београда где се $PI_{Nemerov}$ кретао у распону од 0,33-1,18 резултати истраживања Lee et al. (2006) земљишта Хонг Конга (Кина) показала су да се вредност $PI_{Nemerov}$ кретао у ширем распону и то од 0,14 у земљиштима рубне зоне града до 6,35 у земљиштима централног дела града. На основу приказаних резултата $PI_{Nemerov}$ индекса може се закључити да су истражена земљишта централне и приградске урбанистичке зоне града ниско загађена истраженим тешким металима, док земљишта спољне и рубне урбанистичке зоне града нису загађена истраженим тешким металима. У прилог приказаним резултатима су и добијене вредности потенцијалног еколошког ризика индекса у земљиштима Београда које су показале да су ова земљишта ниског степена загађења, с обзиром да је RI био нижи од 90 што је и гранична вредност за незагађена земљишта. Вредности индекса потенцијалног еколошког ризика највеће су у истраженим земљиштима централне (56,78), затим у земљиштима приградске (46,68), док у истраженим земљиштима спољне и рубне урбанистичке зоне града овај индекс био је нижи од 30. Истраживања Foti et al. (2017) земљишта региона Париза (Француска) у сагласности су са резултатима истраживања земљишта Београда. Ови резултати показали су да је индекс потенцијалног еколошког ризика био највиши у урбаној (62), нешто нижи у субурбаној (61,2), а најнижи у земљиштима руралне зоне града (35,8).

Добијене вредности индекса оптерећења загађењем ($PLI>1$) истражених земљишта Београда показују да су сва истражена земљишта Београда, па и рубне урбанистичке зоне града у категорији погоршања квалитета.

На основу вредности индекса појединачног загађења утврђено је да је степен загађења истражених земљишта централне и приградске урбанистичке зоне града тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) знатно виши у односу на земљишта спољне и рубне урбанистичке зоне града. У земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне утврђено је да је присутан највиши степен загађења Zn, Cu и Pb, док у земљиштима спољне и рубне урбанистичке зоне највиши степен загађења Zn, Cr и Ni. Такође, на основу $PI_{Nemerov}$ индекса загађења утврђено је да је он највиши у истраженим земљиштима централне, па и приградске урбанистичке зоне града, што су потврдиле и вредности индекса потенцијалног еколошког ризика. На основу вредности ових индекса закључује се да је степен загађења истражених земљишта урбанистичких зона Београда низак до средњи. Међутим вредности индекс оптерећења загађењем указује да су истражена земљишта свих урбанистичких зона Београда у категорији погоршања квалитета ($PLI>1$).

5.3.2. Утицај антропогеног фактора на степен загађења земљишта тешким металима у односу на тип њиховог коришћења

Резултати факторске анализе (PCA) за истражена земљишта различитих типова њихових коришћења показали су да Cr и Ni увек доминирају у истој компоненти. У прилог овим резултатима су и резултати корелационе матрице који су показали да су Cr и Ni високо корелисани ($p<0,001$) у истраженим земљиштима паркова, уз саобраћајна чворишта и урбаним шумама. Корелациона матрица није показала да постоји корелација између ова два тешка метала у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона ($p=0,60$). Резултати факторске анализе (PCA) за истражена земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења показали су да тешки метали (Zn, Cu, Cd и Pb) у истраженим земљиштима паркова и индустријских комплекса/зона доминирају у PC1 компоненти, док у PC2 компоненти доминирају Cr и Ni. У земљиштима уз саобраћајна чворишта Cr и Ni доминирају у PC1

компоненти са Cu, док овде Zn, Cd и Pb доминирају у PC2 компоненти. Cu је у земљиштима индустријских комплекса/зона значајно корелисан са обе ове компоненте, при чему се у PC1 компоненти распоредио са Zn, Cu, Cd и Pb, а у PC2 компоненти са Ni и Cr, док се у земљиштима уз саобраћајна чворишта Cu распоредио у PC1 компоненту са Cr и Ni.

Резултати факторске анализе (PCA) показују да у земљиштима урбаних шума у PC1 компоненти доминирају Zn и Cu, а у PC2 компоненти доминирају Cr и Ni, а у PC3 компоненти доминира Pb, док се Cd распоредио у PC2 и PC3 компоненте (Графикон 23). У прилог овим резултатима су и приказани резултати корелационе матрице који су показали да поред Cr и Ni, Cu и Zn у земљиштима различитих типова њиховог коришћења су у значајној корелацији у свим истраживаним урбаним земљиштима ($p < 0,01$), изузев у земљиштима индустријских комплекса/зона где су у ниској корелацији ($p < 0,05$). Корелација Cr и Ni, као и Cu и Zn указује да они имају сличне особине које могу бити последица заједничког порекла, и то геолошког за Cr и Ni, а и антропогеног за Cu и Zn. У сагласности са приказаним резултатима су и истраживања земљишта паркова шест Европских градова (Алверо, Глазгов, Љубљана, Севиља, Торино и Упсала) која су такође показала да Zn, Cu и Pb доминирају PC1 компоненти, док су Cr и Ni доминирали у PC2 (Madrid et al. 2006).

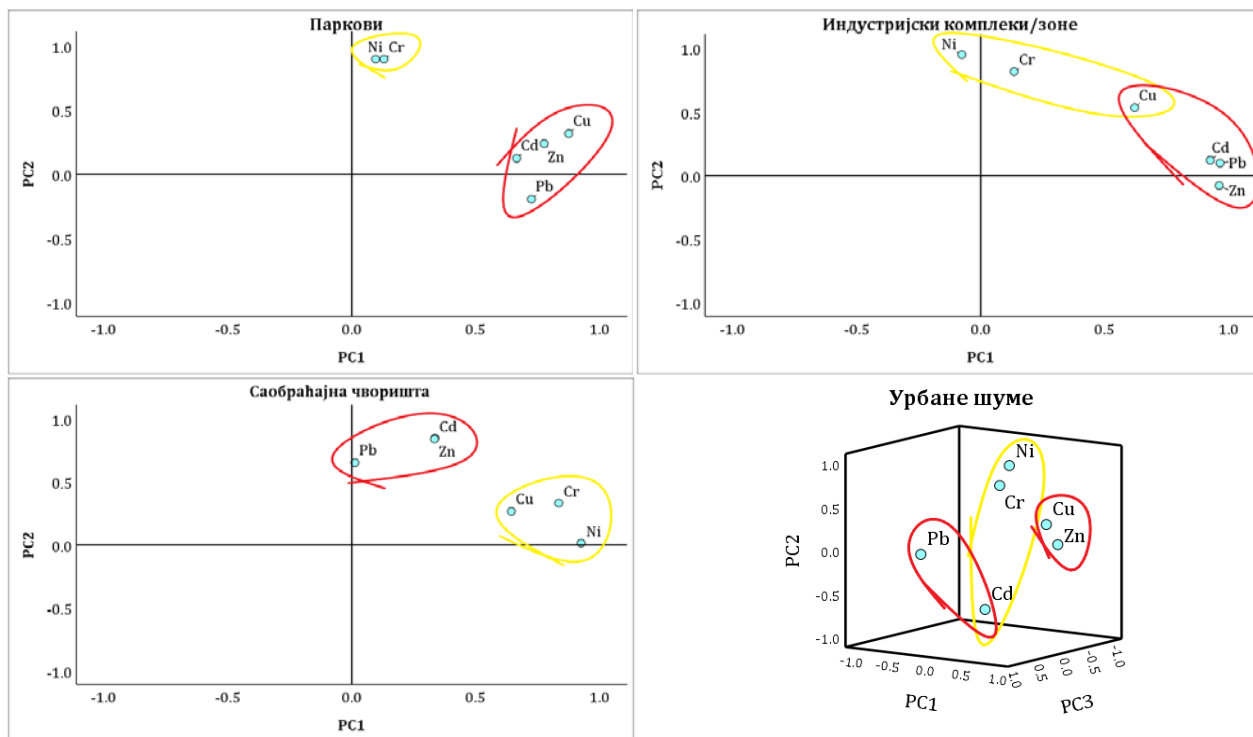


График 23. Резултати факторске анализе - PCA плот концентрација тешких метала у земљишта Београда различитих типова њиховог коришћења

Резултати истраживања земљишта града Даје (Кина) такође су утврдила да је порекло Cr и Ni из природних извора (геолошко), при чему су ова два елемента доминирала у PC3 компоненти (Hua et al. 2018). Cu, Cd и Pb имају исти порекло, антропогено. На основу истраживања порекла тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраженим земљиштима Београда може се закључити да су Cr и Ni пре свега геолошког порекла, а да Zn, У истраженим земљиштима различитих типова њиховог коришћења највиши индекс загађења (PI) за Zn (2,18), Cd (1,38), Cr (1,25) и Ni (1,49) утврђен је у земљиштима индустријских комплекса/зона, док је највиши индекс загађења (PI) за Cu (1,49) и Pb (2,09) утврђен у земљиштима уз саобраћајна чворишта. У истраженим земљиштима паркова највиша PI вредност утврђена је за Pb (1,27), Cu (1,25) и за Zn (1,23). И у истраженим земљиштима урбаних шума највиша PI вредност утврђена је за Zn (0,96), Cr (0,94) и Ni (0,91), док је за Cu (0,62), Pb (0,57) и Cd (0,33)

PI вредност овде била знатно нижа. На основу ових резултата може се закључити да је највиши степен загађења Zn у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона (2,18) и земљишта уз саобраћајна чворишта (2,05), такође и вредност PI за Pb (2,09) у истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта указују на средњи степен загађења. У истраженим земљиштима паркова присутан је низак степен загађења Zn, Cu и Pb, с обзиром да се вредност PI налази у класи ниско загађених земљишта ($1 < PI < 2$), док се за Cd, Cr и Ni може рећи да ова земљишта нису загађења, јер се њихове PI вредности налазе у класи незагађених земљишта ($PI < 1$). Истражена земљишта урбаних шума према приказаним резултатима нису загађена истраживаним тешким металима с обзиром да се PI вредности свих истраживаних тешких метала налазе у класи незагађених земљишта. Међутим, треба нагласити да се PI вредности Zn, Cr и Ni налазе на горњој граници поменуте класе ($PI < 1$), као и PI вредности за Cr и Ni у земљиштима паркова, што указује на потребу праћења концентрација ових метала у истраживаним земљиштима паркова и урбаних шума. У сагласности са приказаним резултатима су и резултати истраживања Hu et al. (2013) различитих типова коришћења земљишта провинције Гуангдонг (Кина) која су показала да су вредности PI за Cd, Pb и Cr биле више у истраживаним земљиштима урбане зоне (1,48, 0,34 и 0,45) у односу на земљишта индустријске зоне (0,97, 0,23 и 0,41) ове провинције, док је PI вредност за Zn, Cu, Ni била виша у истраженим земљиштима индустријске зоне (1,08, 3,65 и 0,66) у односу на земљишта урбане зоне (1,02, 0,87 и 0,57).

Резултати истраживања степена загађења земљишта Београда показали су да је $PI_{Nemerov}$ индекс највиши у истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта (1,05), нешто нижи у земљиштима индустријских комплекса/зона (0,89) и у земљиштима паркова (0,66), а најнижи у истраженим земљиштима урбаних шума (0,49). На основу ових резултата може се закључити да су истражена земљишта Београда уз саобраћајна чворишта на доњој граници класе ниског загађења (III класа 0,7-1), а земљишта индустријских комплекса/зона у класи границе упозорења (II класа 0,1-1), док земљишта паркова и урбаних шума припадају класи незагађених земљишта (I класа 0-0,7). У сагласности са резултатима истраживања степена загађења посебно земљишта уз саобраћајна чворишта су и резултати истраживања Hui et al. (2017) земљишта дуж аутопута Шењанг-Дилиан (Кина) која су показала сличну вредност $PI_{Nemerow}$ индекса (1,23). И вредности $PI_{Nemerow}$ утврђене за истражена земљишта паркова и урбаних шума Београда која их сврставају у класу не загађених земљишта у сагласности су са истраживањима Brtnický et al. (2019) која су такође показала да је нпр. земљишта парка Лузаки (Чешка Република) према утврђеном $PI_{Nemerov}$ (0,47) сврстана у исту класу, незагађених земљишта.

Резултати истраживања степена загађења земљишта Београда показали су да се индекс оптерећења земљишта загађењем (PLI) кретао у распону од 1,28-1,45, при чему је најнижа вредност забележена у земљиштима у растућем низу: урбане шуме (1,28) < паркови (1,34) < саобраћајна чворишта (1,44) < индустријски комплекси/зоне (1,45). На основу ових резултата може се закључити да истражена земљишта Београда припадају класи погоршаног квалитета земљишта с обзиром да је $PLI > 1$. Такође, резултати истраживања степена загађења земљишта Београда показали су да је највиши индекс еколошког ризика (RI) утврђен у земљиштима индустријских комплекса/зона (68,60) и у земљиштима уз саобраћајна чворишта (61,36), док је индекс еколошког ризика (RI) у истраженим земљиштима паркова (30,44) и урбаних шума (24,91) знатно нижи. На основу ових резултата може се закључити да је еколошки ризик у земљиштима Београда низак.

На основу приказаних резултата може се закључити да су тешки метали Cr и Ni пре свега геолошког порекла у истраженим земљиштима различитих типова њиховог коришћења. Међутим, њихове повишене концентрације у истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона и земљиштима уз саобраћајна чворишта указују да су последица утицаја антропогеног фактора загађења. Приказани резултати показали су да тешки метали Zn, Cu, Cd и Pb имају заједничко порекло и то антропогено. Истраживања различитих типова коришћења земљишта показала су да је присутан виши степен загађења тешким металима у истраженим

земљиштима индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта, у односу на земљишта паркова и урбаних шума. Појединачни индекс загађења показао је да је највиши степен загађења присутан у земљиштима индустријских комплекса/зона и уз саобраћајна чворишта Pb и Zn, на шта указују и њихове максимале концентрације, али и Ni и Cu, док у истраженим 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 истраживаних земљишта индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта у односу на истражена земљишта паркова и урбаних шума. Такође, ови индекси показали су да није висок степен загађења истражених земљишта различитих типова њиховог коришћења, међутим индекс оптерећена земљишта 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.

5.4. Процена потенцијалног ризика од загађивања земљишта тешким металима у урбанистичким зонама и у земљиштима различитог типа коришћења и предлог мониторинга степена загађења земљишта и мера за њихову санацију

Истраживања степена загађења земљишта Београда показују да постоји значајна разлика између утврђених средњих вредности концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у односу на њихове ГМВ и референтне вредности. У Табели 165. дат је приказ броја узорака (и њихове процентуалне заступљености) који превазилазе њихове ГМВ и референтне вредности. На овај начин приказани резултати истраживања степена загађења земљишта дају јасну тенденцију акумулације тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраженим земљиштима у односу на степен урбанизације и тип њиховог коришћења.

Тешки метали као што су Zn, Cu, Cr и Ni имају важне метаболичке функције у живим организмима (Bradl, 2005; Kabata-Pendias, 2011), док тешки метали као што су Pb и Cd немају никакву биолошку улогу и могу негативно утицати на сав живи свет (микоорганизме, биљака, животиње и људе) ако се у животној средини јаве у концентрацијама вишим од утврђених граничних вредности (Antoniadis et al., 2019). Ове граничне вредности концентрација тешких метала као и њихове ремедијационе вредности (вредности које указују да су основне функције земљишта угрожене или озбиљно нарушене и захтевају ремедијационе, санационе и остале мере) утврђују се ради процене ризика за људе и саму животну средину (Antoniadis et al., 2019).

Познато је да излагање људи, а посебно деце, концентрацијама тешких метала које превазилазе ове граничне вредности може изазвати знатне штете по њихово здравље (Bolun et al., 2014; Rinklebe et al., 2019; Antoniadis et al., 2019). У Републици Србији на основу програмског системског праћења квалитета земљишта, индикатора за оцену ризика од деградације земљишта и методологије за израду ремедијационих програма утврђене су граничне максималне вредности (ГМВ) као и ремедијационе вредности тешких метала у земљиштима (УГВЗМ, 2019).

Табела 165. Укупан број узорака и процентуална заступљеност узорака чије средње вредности концентрација тешких метала превазилазе њихове ГМВ и ремедијационе вредност према Уредби РС у односу на степен урбанизације Београда и типа коришћења земљишта

Узорци истражених земљишта Београда у односу на степен урбанизације

Урбанистичка зона	Граничне вредности	Zn		Cu		Cd		Pb		Cr		Ni	
		Бр. уз.	%	Бр. уз.	%	Бр. уз.	%	Бр. уз.	%	Бр. уз.	%	Бр. уз.	%
Централна зона (n=52)	Референтна	44	84,62	40	76,92	18	34,62	31	59,62	29	55,70	26	50,00
	ГМВ	14	26,92	38	73,08	20	38,46	22	42,31	1	1,92	50	96,15
	Ремедијациона	0	0,00	1	1,92	0	0,00	2	3,85	0	0,00	0	0,00
Приградска зона (n=46)	Референтна	36	78,26	28	60,87	19	41,30	13	28,26	28	60,87	24	52,17
	ГМВ	14	30,43	22	47,83	20	43,48	9	19,57	2	4,35	45	97,83
	Ремедијациона	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Спољна зона (n=16)	Референтна	6	37,50	2	12,5	2	12,50	2	12,50	8	50,00	6	37,50
	ГМВ	2	12,50	2	12,50	2	12,50	1	6,25	5	0,00	12	75,00
	Ремедијациона	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Рубна зона (n=12)	Референтна	4	33,33	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	41,67	3	25,00
	ГМВ	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	0,00	4	33,33
	Ремедијациона	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Узорци земљишта зелених површина различитих типова коришћења простора

Паркови (n=34)	Референтна	20	58,82	22	64,71	0	0,00	11	32,35	7	20,59	10	29,41
	ГМВ	2	5,88	18	52,94	0	0,00	5	14,71	0	0,00	32	94,12
	Ремедијациона	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	2,94	0	0,00	0	0,00
Индустријски комплекси/зона (n=10)	Референтна	9	90,00	8	80,00	9	90,00	6	60,00	8	80,00	8	80,00
	ГМВ	5	50,00	8	80,00	9	90,00	4	40,00	2	20,00	10	100,00
	Ремедијациона	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Саобраћајна чворишта (n=64)	Референтна	53	82,81	40	62,50	32	50,00	30	46,88	47	73,44	35	54,69
	ГМВ	22	34,38	36	56,25	33	51,56	24	37,50	2	3,13	60	93,75
	Ремедијациона	0	0,00	1	1,56	0	0,00	1	1,56	0	0,00	0	0,00
Урбане шуме (n=18)	Референтна	5	27,78	0	0,00	0	0,00	0	0,00	8	44,44	7	38,89
	ГМВ	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	10	55,56
	Ремедијациона	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Референтна (mg/kg)		68,14		31,8		0,86		54,92		52,4		52	
ГМВ (mg/kg)		140		36		0,8		85		100		35	
Ремедиациона вредност (mg/kg)		720		190		12		530		380		210	

У узорцима истражених земљиштима централне урбанистичке зоне града више средње вредности концентрација тешких метала од ГМВ у опадајућем низу измерена је за: Ni (96,15 %) > Cu (73,08 %) > Pb (42,31 %) > Cd (38,46 %) > Zn (26,92 %) > Cr (1,93 %). У овим земљиштима у знатно другачијем опадајућем низу утврђене су више средње вредности концентрација тешких метала од њихових референтних вредности и то: Zn (84,62 %) > Cu (75 %) > Pb (59,62 %) > Cr (55,77 %) > Ni (50 %) > Cd (34,62 %). Такође, у узорцима истражених земљишта приградске урбанистичке зоне града у опадајућем низу више средње вредности концентрација од ГМВ утврђене су за: Ni (97,83 %) > Cu (47,83 %) > Cd (43,48 %) > Zn (30,43 %) > Pb (19,57 %) > Cr (4,35 %). И у овим земљиштима више средње вредности концентрација тешких метала од њихових референтних вредности утврђене су у другачијем опадајућем низу: Zn (78,26 %) > Cu (76,92 %) > Pb (59,62 %) > Cr (55,77 %) > Ni (50 %) > Cd (34,62 %). Резултати су показали да је у истраженим земљиштима спољне урбанистичке зоне града у 75 % узорака измерена виша концентрација Ni од ГМВ, а у 37,50 % узорака виша и од референтне вредности. У истраженим земљиштима рубне урбанистичке зоне града више концентрације од ГМВ измерене су само за Ni у 33,33 % узорака, док су код 25 % узорака овде измерене концентрације Ni биле више од његове референтне вредности.

У истраженим земљиштима паркова више концентрације тешких метала од ГМВ у опадајућем низу измерене су за: Ni (94,12 %) > Cu (52,94 %) > Pb (14,71 %) > Zn (5,88 %) > Cd (0,00 %) и Cr (0,00 %). У овим земљиштима више концентрације тешких метала од њихових референтних вредности измерене су у следећем опадајућем низу: Cu (64,71 %) > Zn (58,82 %) > Pb (32,35 %) > Ni (29,41 %) > Cr (20,59 %) > Cd (0,00 %). У истраженим земљиштима индустријских комплекса/зона више концентрације тешких метала од ГМВ измерене су за: Ni (100 %) > Cd (90 %) > Cu (80 %) > Zn (50 %) > Pb (40 %) > Cr (20 %), док је опадајући низ у односу на њихове референтне вредности овде другачији и гласи: Zn (90 %) и Cd (90 %) > Cu (80 %), Cr (80 %) и Ni (80 %) и > Pb (60 %). У истраженим земљиштима уз саобраћајна чворишта виша концентрација тешких метала од ГМВ у анализираним узорцима измерена је у следећем опадајућем низу: Ni (93,75 %) > Cu (56,25 %) > Cd (51,56 %) > Pb (37,50 %) > Zn (34,38 %) > Cr (3,13 %), док је се овај низ знатно разликује од у односу на њихове референтне вредности: Zn (82,81 %) > Cr (73,44 %) > Cu (62,50 %) > Ni (54,69 %) > Cd (50 %) > Pb (46,88 %). У истраженим земљиштима урбаних шума више концентрације од ГМВ измерене су само за Ni у 55,56 % узорака, а 38,89 % узорака овде је имало више концентрације тешких метала од њихових референтних вредности. Такође, у истраженим земљиштима урбаних шума у 27,78 % узорака утврђена је концентрација Zn виша од његове референтне вредности, док његова концентрација виша од ГМВ није била утврђена у узорцима. У истраженим земљиштима урбаних шума више концентрације Cr од његове референтне вредности утврђене су у 44,44 % узорака, док није било узорака са измереним концентрацијама вишим од ГМВ.

Према Закону о заштити земљишта под загађеним земљиштем се подразумева земљиште у коме су установљене концентрације опасних и штетних материја које су изнад граничних вредности (333, 2015). На основу резултата истраживања степена загађености земљишта Београда тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) закључује се да је потребно вршити мониторинг и детаљна истраживања стања контаминације ових земљишта, као и примену адекватних мера санације. Ово се посебно односи на земљишта уз саобраћајна чворишта у централној урбанистичкој зони града, као и земљишта индустријских комплекса/зона у приградској урбанистичкој зони, јер су то локалитети на којима су утврђене концентрације истражених тешких метала биле више од њихових граничних вредности.

Истраживањем степена загађености земљишта Београда посебно се издвојио локалитет Парк Калемегдан, на коме је уочена знатна контаминација Pb. Концентрација Pb овде расте и са дубином земљишта, где је на једном узорку у доњем слоју земљишта измерена концентрација овог тешком метала која је већа чак и од његове ремедијационе вредности (530 mg/kg).

Ради детаљног утврђивања стања контаминације ових земљишта предлаже се да се на истраженим локалитетима где су утврђене концентрације тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и

Ni) изнад ГМВ, најпре изврше детаљна истраживања земљишта са већим бројем узорака. За потребе детаљног истраживања предлаже се да се земљишта локалитета паркова и индустријских комплекса/зона (веће површине) узоркују по принципу системског узроковања на неправилној мрежи која је изграђена од једнакостраничних троуглова (МЗЛН, 2019). Код детаљног истраживања земљишта локалитета дуж саобраћајних чворишта (тракасте површине) предлаже се узимање већег броја композитних узорака. Такође, предлаже се стални мониторинг, односно провера стања контаминације ових земљишта на сваких 3 године. Уколико детаљна истраживања земљишта покажу знатно загађење, а мониторинг повећање концентрација ових загађивача потребно је извршити и адекватну санацију ових земљишта и то техникама фиторемедијације, фитостабилизације или биоремедијације (употребом микроорганизама) у зависности од типа зелене површине и могућности апликације одговарајуће технике на самом терену. Врсте које су погодне за фиторемедијацију земљишта која су загађена тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) су: *Carduus pycnocephalus L. subsp. pycnocephalus*, *Silene paradoxa L.* *Silybum marianum (L.) Gaertner* и друге. Такође, за ремедијацију тешких метала као што су Zn, Cu, Cd, Cr и Ni користи се и врста *Sonchus transcaspicus Nevski*, а за Zn, Cd и Pb погодна је и *Viola caliminaria (DC.) Lej. идр.* За ремедијацију Cd и Zn могу да се користе и врсте рода *Salix spp.* и *Populus spp.* као и зељасте врсте попут *Arabidopsis halleri (L.) O'Kane (Cardaminopsis halleri (L.) Hayek)* и *Sedum alfredii Hance* који је хиперакумулатор у погледу Zn. (Kennen and Kirkwood, 2015).

6. 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 саобраћана 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 која су спроведена на 26 различитих локалитета (10 паркова, 5 индустријских комплекса/зона, 8 уз саобраћајна чворишта и 3 урбане шума) и анализираних 126 композитних узорака земљишта у Београду могу се извести следећи закључци:

У погледу промена **физичких карактеристика земљишта** у односу на **урбанистичке зоне града** закључено је да је највећа промена (варијабилност) констатована у присуству фракције финог песка (0,2-0,06 mm) између земљишта централне и рубне зоне града и то у оба истраживана слоја земљишта у правцу повећања садржаја ове фракције од рубне урбанистичке зоне града, са најнижим садржајем ове фракције, до централне са највишим. Затим је значајна варијабилност констатована у садржају фракције грубог праха (0,06-0,02 mm) у оба слоја земљишта између централне и рубне, као и у површинским слојевима земљишта између приградске и рубне урбанистичке зоне града у правцу смањења садржаја ове фракције од рубне урбанистичке зоне (највиши садржај) до централне и приградске (са најнижим садржајем). Посебно се издваја значајна варијабилност процентуалног присуства фракције финог праха 1 (0,02-0,006 mm) у земљиштима рубне у односу на земљишта централне, приградске и спољне урбанистичке зоне града у правцу смањења садржаја ове фракције од рубне урбанистичке зоне града, са вишим садржајем ове фракције, до централне, приградске и спољне, са нижим. Варијабилност није потврђена у садржају фракције глине (<0,002 mm) између истраживаних земљишта различитих урбанистичких зона Београда.

У погледу промена **физичких карактеристика земљишта** у односу на **тип њиховог коришћења**, закључено је да је највећа варијабилност уочена пре свега кроз повећање садржаја фракције грубог (2.0-0,2 mm) и финог песка (0,2-0,06 mm) 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 грубог праха (0,06-0,02 mm), финог праха 1 (0,02-0,006 mm) и финог праха 2 (0,006-0,002 mm) у земљиштима индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта у односу на оне у земљиштима урбаних шума и то у оба слоја земљишта. Као и код земљишта различитих урбанистичких зона града, и код земљишта различитих типова њиховог коришћења није утврђена значајна варијабилност у процентуалном присуству фракције глине. **Приказани закључци су у сагласности са постављеном хипотезом да су физичке карактеристике земљишта Београда варијабилне.** Истраживања земљишта Београда показала су да у погледу физичких карактеристика земљишта антропогени фактор, у односу на степен урбанизације града као и у односу на тип коришћења земљишта, највише утиче на промене у њиховом гранулометријског саставу. **Такође, ова истраживања су показала да су значајне промене у гранулометријског 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** може се закључити да је највећа промена утврђена у реакцији земљишта. Варијабилност у погледу **pH_{H2O}** и **pH_{Ca}** присутна је између земљишта рубне у односу на земљишта централне, приградске и спољне урбанистичке зоне града и то у оба слоја

земљишта. Закључено је да су земљишта централне, приградске и спољне урбанистичке зоне града умерено до јако алкалне реакције, а земљишта рубне урбанистичке зоне града јако до слабо киселе реакције, у оба слоја земљишта. Закључено је да је у оба слоја земљишта садржај CaCO_3 најнижи у земљиштима рубне, а највиши у земљиштима централне урбанистичке зоне града. Варијабилност у погледу садржаја CaCO_3 посебно је изражена у земљиштима централне урбанистичке зоне града који се у оба слоја земљишта према садржају CaCO_3 значајно разликују од земљишта рубне урбанистичке зоне града. Ово потврђује да антропогени фактор значајно утиче на повећање присуства CaCO_3 у земљиштима Београда. Закључено је да површински и доњи слојеви земљишта централне, приградске и спољне урбанистичке зоне Београда припадају класи слабо карбонатних до карбонатних земљишта, док површински и доњи слојеви земљишта рубне урбанистичке зоне града припадају класи безкарбонатних земљишта. Такође, закључено је да садржај хумуса, TC (укупног угљеника) и TN (укупног азота) у земљиштима различитих урбанистичких зона града опада са дужином земљишта. Највиши садржај ових параметара измерен је у земљиштима рубне, нешто нижи у земљиштима централне и приградске, а најнижи у земљиштима спољне урбанистичке зоне града. Закључено је 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 земљишта. Према садржају хумуса површински слојеви земљишта урбанистичких зона града припадају класи средње хумусних земљишта, као и доњи слојеви земљишта рубне урбанистичке зоне града, док доњи слојеви земљишта централне, приградске и спољне урбанистичке зоне града припадају класи слабо хумусних земљишта. Према садржају TN површински слојеви земљишта централне, приградске и рубне урбанистичке зоне града су на доњој граници класе земљишта богатих азотом, а површински слојеви земљишта спољне зоне и доњи слојеви земљишта свих осталих урбанистичких зона града припадају класи добро обезбеђених овим елементом. Закључено је да највиши садржај OC (органиског угљеника) утврђен у земљиштима рубне урбанистичке зоне града у односу на земљишта осталих урбанистичких зона града и то у оба истраживана слоја земљишта. Закључено је и да у садржају OC не постоји значајна варијабилност између површинских слојева земљишта различитих урбанистичких зона града, док је значајна варијабилност потврђена између доњих слојева земљишта рубне и доњих слојева земљишта централне и спољне урбанистичке зоне града. Такође, закључено је да се концентрације лако приступачних облика P и K мењају по градијенту од најнижег нивоа у земљиштима рубне зоне ка вишем нивоу у земљиштима централне урбанистичке зоне града. Према садржају P , утврђено је да оба слоја земљишта централне и приградске урбанистичке зоне града припадају класи високо обезбеђених овим елементом. Земљишта спољне урбанистичке зоне града припадају класи ниско обезбеђених, а земљишта рубне урбанистичке зоне града припадају класи веома ниске обезбеђености фосфором, такође у оба слоја земљишта. Према садржају K , површински слојеви земљишта централне и приградске урбанистичке зоне града, као и доњи слојеви земљишта централне урбанистичке зоне града припадају класи високо обезбеђених овим елементом. Површински и доњи слојеви земљишта спољне и рубне урбанистичке зоне града, као и доњи слојеви земљишта приградске урбанистичке зоне припадају класи средње обезбеђених лако приступачним K . На основу истраживања у овој докторској дисертацији може се закључити да антропогени фактор највише утиче на промене pH вредности и присуство CaCO_3 и лако приступачних облика P и K у земљиштима Београда, када је реч о променама хемијских карактеристика земљишта у односу на степен урбанизације града. Такође, показано је да антропогени фактор нема утицаја на процентуални садржај хумуса, TC и TN у земљиштима Београда. **Наведени закључци су делимично у сагласности са постављеном хипотезом да антропогени фактор има велики утицај на хемијске карактеристике земљишта Београда.**

У погледу промена хемијских карактеристика земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења закључено је да је највећа варијабилност утврђена у pH ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ и pH_{Ca}) реакцији земљишта. 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. Такође, закључено је да рН (pH_{H_2O} и pH_{Ca}) у земљиштима различитих типова коришћења, повећава се са њиховом дужином, изузев вредности pH_{Ca} у земљиштима урбаних шума које незнатно опадају са дужином земљишта. Значајна варијабилност рН (pH_{H_2O} и pH_{Ca}) потврђена је у оба слоја земљишта урбаних шума у односу на земљишта паркова, индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта. Највиши садржај $CaCO_3$ утврђен је 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. Такође, закључено је да садржај $CaCO_3$ у земљиштима различитих типова коришћења расте са дужином, изузев у земљиштима урбаних шума. Утврђено је да земљишта паркова, индустријских комплекса и земљишта уз саобраћајна чворишта припадају класи слабо карбонатних до карбонатних земљишта, док земљишта урбаних шума припадају класи безкарбонатних земљишта 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. Нижи садржај хумуса, **ТС** и **TN** у оба слоја земљишта утврђен је у земљиштима урбаних шума у односу на земљишта паркова, индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта. Закључено је да не постоји значајна промена у садржају хумуса и **ТС** у земљиштима различитих типова коришћења. Значајна варијабилност потврђена је само у садржају **TN** и то између земљишта паркова и оних уз саобраћајна чворишта у оба слоја земљишта, као и између земљишта урбаних шума и оних уз саобраћајна чворишта, али само у доњим слојевима земљишта и то у правцу смањења његовог садржаја. Закључено је да према садржају **TN** површински слојеви земљишта паркова и урбаних шума припадају класи богатих азотом, док доњи слојеви земљишта као и површински и доњи слојеви земљишта индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта, припадају класи добро обезбеђених азотом. Највиши садржај **ОС** утврђен је у оба слоја земљишта урбаних шума. Варијабилност у садржају **ОС** у површинским слојевима земљишта различитих типова коришћења није утврђена. Значајна варијабилност у садржају **ОС** потврђена је само између доњих слојева земљишта урбаних шума и земљишта паркова и оних уз саобраћајна чворишта и то у правцу смањења његовог садржаја. Највиши садржај лако приступачног облика **Р** у оба слоја земљишта утврђен је у земљиштима паркова и оних уз саобраћајна чворишта, нешто нижи у земљиштима индустријских комплекса/зона, а најнижи у земљиштима урбаних шума. Закључено је да садржај **Р** у земљиштима паркова расте са дужином земљишта, док у осталим типовима коришћења земљишта ове вредности опадају са дужином. Закључено је да према садржају **Р** земљишта паркова и она уз саобраћајна чворишта у оба слоја земљишта, као и површински слојеви земљишта индустријских комплекса/зона припадају класи високо обезбеђених овим елементом, док доњи слојеви земљишта индустријских комплекса/зона припадају класи средње обезбеђених овим елементом. Закључено је и да су оба слоја земљишта урбаних шума ниско обезбеђени овим елементом. Значајна варијабилност у погледу садржаја **Р** утврђена је само између земљишта паркова у односу на земљишта индустријских комплекса/зона и урбаних шума и то у оба слоја земљишта у правцу смањења његовог садржаја. Највиши садржај лако приступачног облика **К** утврђен је у површинским слојевима земљишта паркова, нешто нижи је у површинским слојевима индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта док је најнижи садржај **К** утврђен у површинским слојевима земљишта урбаних шума. У површинским и доњим слојевима земљишта паркова, индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта утврђене су максималне концентрације **К**. Површински слојеви земљишта паркова, индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта према садржају **К** припадају класи високо обезбеђених земљишта, као и доњи слојеви земљишта паркова и индустријских комплекса/зона. Закључено

је да оба слоја земљишта урбаних шума, као и доњи слојеви земљишта уз саобраћајна чворишта припадају класи средње снабдевених К. Истраживања земљишта Београда показала су да у погледу хемијских карактеристика земљишта у односу на тип коришћења, антропогени фактор највише утиче на промене у погледу рН вредности и на садржај лако приступачног облика Р и К, а да нема утицаја на садржај хумуса и ТС. **Наведени закључци су у сагласности са хипотезом да су хемијске особине земљишта Београда варијабилне, и да је антропогени утицај највише изражен у површинским слојевима земљишта.**

На основу ових истраживања може се закључити да укупан **садржај тешких метала** (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у **односу на степен урбанизације града**, расте по градијенту од земљишта у спољним и рубним 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 дубином, 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 дубином у свим земљиштима урбанистичких зона града. Закључено је да је Ni геолошког порекла. Такође, закључено је да су максималне концентрација Cu и Pb у површинским слојевима земљишта централне урбанистичке зоне града значајно више од њихових граничних и ремедијационих вредности, као и максимална концентрација Pb у доњим слојевима ове урбанистичке зоне града. Закључено је да је у земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне града дошло до повећања концентрација Zn, Cu и Pb. На основу појединачних индекса загађења (PI) закључено је да је степен загађења Zn, Cu и Pb у овим урбанистичким зонама града низак до средњи, док земљишта спољне и рубне урбанистичке зоне града нису загађена овим металима, али су њихове концентрације овде на горњој граници ове класе. Индекси загађења (PI) за Cr и Ni у земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне града показали су да је овде присутан низак степен загађења овим металима. Такође, индекси загађења (PI) за Cr и Ni у земљиштима спољне и рубне урбанистичке зоне града показали су да ове зоне нису загађене овим елементима, али да се њихове концентрације овде налазе на горњој граници ове класе. Исто тако, индекси загађења (PI) за Cd показали су да земљишта различитих урбанистичких зона града нису загађена овим елементом, али се његове вредности у земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне града налазе на горњој граници ове класе. Закључено је да су земљишта централне и приградске урбанистичке зоне града највише су загађена Zn, Cu и Pb, за 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 истраживаних урбанистичких зона, укључујући и земљишта спољне и рубне урбанистичке зоне Београда у категорији погоршања квалитета.

На основу истраживања у овој докторској дисертацији може се закључити да у **односу на тип коришћења земљишта** укупни **садржај тешких метала** (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) опада по градијенту 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 cm и 10-40 cm). Такође, у оба слоја земљишта уз саобраћајна чворишта измерене су не само највише концентрација 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 индекс загађења (PI) за Zn, Cd, Cr и Ni утврђени у земљиштима индустријских комплекса/зона, која су средње до ниско загађена овим металима. Земљишта индустријских комплекса/зона највише су загађена Zn, а она уз саобраћајна чворишта 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. Највиши индекси загађења (PI) за Cu и Pb утврђени су у земљиштима уз саобраћајна чворишта, што је ова земљишта сврстало у класу средње до ниско загађених овим металима. Међутим, утврђено је да су ове вредности биле на горњој граници ове класе. **Ови закључци потврђују постављену хипотезу да на степен загађења (индекс) земљишта тешким металима утиче тип њиховог коришћења.** Према вредности $PI_{Nemerov}$ индекса земљишта саобраћајних чворишта су највише загађена у односу на остале типова коришћења, при чему припадају класи ниско загађених земљишта. На основу утврђених вредности $PI_{Nemerov}$ индекса показано је да земљишта индустријских комплекса/зона припадају класи границе упозорења, док земљишта паркова и урбаних шума припадају класи релативно незагађених земљишта. 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. 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. Такође, утврђено је да његова вредност знатно опада у земљиштима паркова и урбаних шума. Дистрибуција Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni у оба слоја земљишта Београда зависи и од типа њиховог коришћења, односно утврђено је да је највиши степен загађења овим металима присутан у земљиштима индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта у односу на земљишта паркова и урбаних шума. 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 геолошко и атропогено. Такође, закључено је и да у земљиштима централне и рубне урбанистичке зоне града Cu једним делом има и геолошко порекло. Када је реч о земљиштима Београда различитог типа коришћења закључено је да су Zn, Cu, Cd и Pb пореклом из антропогених извора. Закључено је да Cd у земљиштима урбаних шума може бити и геолошког порекла, а не само антропогеног.

На основу просторне анализе граничних вредности (ГМВ) истраживаних тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) 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) истраживаних тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у земљиштима, а у односу на тип њиховог коришћења закључено је да земљишта индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта имају највишу заступљеност земљишта у којима садржај тешких метала превазилази ГМВ, затим следе земљишта у парковима, а најмањи проценат земљишта урбаних шума има концентрације тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) које превазилазе њихове граничне вредности.

Ови закључци потврђују хипотезу да дистрибуција тешких метала у површинским и доњим слојевима земљишта Београда зависи од степена урбанизације (припадности урбанистичкој зони града) и типа коришћења

На основу ових истраживања, добијених резултата и закључака могу се предложити

одређене мере и препоруке које би помогле да се у урбаним земљиштима у Београду брзо и егзактно уоче загађења тешким металима, а тиме и пружи прилика да се на време оно спречи или ублажи. У том смислу се може препоручити да је неопходно увести мониторинг Zn, Cu и Pb у земљиштима, пошто се ови елементи показују као посебно ризични у земљиштима Београда. Затим је неопходно увести мониторинг концентрација Cr и Ni у централним и приградским урбанистичким зонама Београда, где је утврђено њихово повишено присуство услед утицаја антропогених извора загађења. Такође, једна од препорука била би 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, у урбаним земљиштима Београда присутан је 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. Зато би једна од препорука била да се убудуће њихове концентрације у континуитету прате, како би се на време надоместио њихов евентуални недостатак, или пак зауставило њихово прекомерно даље акумулирање у овим земљиштима.

На основу ових истраживања може се закључити 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 животно средином у Београду.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Abrahams P.W. (2002): Soils: their implications to humanhealth, *The Science of the Total Environment*, Vol. 291:1-32. doi:[https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)01102-0](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)01102-0).
2. Adachi K., Tainosho Y. (2004): Characterization of heavy metal particles embedded in tiredust, *Environment International*, Vol. 30 (8): 1009-1017. doi: 10.1016/j.envint.2004.04.004.
3. Adler F. R., Tanner C. J. (2013): *Urban Ecosystems: Ecological Principles for the Built Environment*, New York: Cambridge University Press. doi:<https://doi.org/10.1017/CBO9780511981050>.
4. Ajmone-Marsan F., Biasioli M. (2010): Trace Elements in Soils of Urban Areas, *Water Air Soil Pollut*, 213:121–143. doi: 10.1007/s11270-010-0372-6.
5. Al-Bakheet S. A., Attafi I. M., Maayah Z. H., Abd-Allah A. R., Asiri Y. A., Korashy H. M. (2013): Effect of long-term human exposure to environmental heavy metals on the expression of detoxification and DNA repair genes, *Engineering Geology*, Vol. 69: 399-409. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.06.014>.
6. Alberti M., Marzluff J. M., Shulenberger E., Bradley G., Ryan C., Zumbrunnen C. (2003): Integrating Humans into Ecology: Opportunities and Challenges for Studying Urban Ecosystems, *BioScience*, Vol. 53 (12): 1169-1179. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[1169:IHIEOA\]2.0.CO2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[1169:IHIEOA]2.0.CO2).
7. Alexandrovskaya E. I. Alexandrovskiy A. L. (2000): History of the cultural layer in Moscow and accumulation of anthropogenic substances in it. *Catena*. Vol. 41:249-59. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(00\)00107-7](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(00)00107-7).
8. Alloway B. J., (2013): *Heavy Metals in Soils, Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*, Third Edition. Springer Science+Business Media Dordrecht 2013. doi:<https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>.
9. Alsaleh K. A. M., Meuser H., Usman A. R. A., Al-Wabel M. I., Al-Farraj A. S. (2018): A comparison of two digestion methods for assessing heavy metals level in urban soils influenced by mining and industrial activities, *Journal of Environmental Management*, Vol. 206: 731-739. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.026>.
10. Анастасијевић В., (2011): Практикум из педологије, Шумарски факултет, Београд.
11. Andrejić G., Rakić T., Šinžar-Sekulić J., Mihailović N., Grubin J., Stevanović B., Tomović G., (2016): Assessment of heavy metal pollution of topsoils and plants in the City of Belgrade, *Journal of Serbian Chemical Society*, Vol. 81 (4): 447-458. doi: 10.2298/JSC150829096A.
12. Antić M., Jović N., Avdalović V. (1980): *Pedologija, Naučna knjiga*, Београд.
13. Antoniadis V., Shaheen S. M., Levizou E., Shahid M., Niazi N. K., Vithanage M., Ok Y. S., Bolanj N., Rinklebe J. (2019): A critical prospective analysis of the potential toxicity of trace element regulation limits in soils worldwide: Are they protective concerning health risk assessment? - A review. *Environment International*, Vol. 127: 819-847. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.03.039>.
14. Antrop M. (2004): Landscape change and the urbanization process in Europe, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 67: 9–26. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(03\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00026-4).
15. Asabere S. B., Zeppenfeld T., Nketia K.A., Sauer D. (2018): Urbanization Leads to Increases in pH, Carbonate, and Soil Organic Matter Stocks of Arable Soils of Kumasi, Ghana (West Africa), *Front. Environ. Sci.*, Vol 6:119. doi: 10.3389/fenvs.2018.00119.
16. Attwell K. (2000): Urban land resources and urban planning: case studies from Denmark, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 52: 145-163. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00129-8](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00129-8).
17. БГД, (2019): Званични сајт Београда. <http://www.beograd.rs/>. Приступљено 12.05.2019.
18. Белановић Симић С., Кадовић Р., Кнежевић М., Белоица Ј., Миљковић П., Лукић С., Чакмак Д., (2016): Квалитет и заштита земљишних ресурса, стр. 25-48. У Belanović Simić

- S. (Ed.): Degradacija i zaštita zemljišta, Tematski zbornik. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet.
19. Berry B. J. (1990): Urbanization, p. 103-119. In (Eds.): Turner B. L., Clark W. C., Kates R. W.: The Earth as Transformed by Human Actions: Global and Regional Changes in the Biosphere Over the Past 300 Years, New York: Cambridge University Press.
 20. Beyer L., Kahle P., Kretschmer H. Wu Q., (2001): "Soil organic matter composition of man impacted urban soil in North Germany," J. Plant Nutr. Soil Sci. Vol. 164, 359–364. [https://doi.org/10.1002/1522-2624\(200108\)164:4<359::AID-JPLN359>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/1522-2624(200108)164:4<359::AID-JPLN359>3.0.CO;2-M).
 21. Biasioli M, Barberis R, Ajmone-Marsan F (2006): The influence of a large city on some soil properties and metals content, Science of the Total Environment, Vol. 356: 154-164. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.04.033.
 22. Bignal K., Ashmore M., Power S. (2004): The ecological effects of diffuse air pollution from road transport, English Nature Res. Rep. 580.
 23. Blair R. B. (1996): Land use and avian species diversity along an urban gradient, Ecological Applications, 6, 506-519. doi:<https://doi.org/10.2307/2269387>.
 24. Blok J. (2005): Environmental exposure of road borders to zinc, The Science of the Total Environment, Vol. 348: 173-190. doi: 10.1016/j.scitotenv.2004.12.073
 25. Bockheim G.J., Gennadiyev N.A., Hammer D.R., Tandarich P.J. (2005): Historical development of key concepts in pedology, Geoderma, Vol. 124: 23-36. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.004>.
 26. Bolan, N., Kunhikrishnan, A., Thangarajan, R., Kumpiene, J., Park, J., Makino, T., Kirkham, M.B., Scheckel, K., (2014): Remediation of heavy metal(loid)s contaminated soils—to mobilize or not to mobilize? J. Hazard. Mater. 266, 141–166. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.12.018>.
 27. Borgogno-Mondino E., Fabietti G., Ajmone-Marsana F., (2015): Soil quality and landscape metrics as driving factors in a multi-criteria GIS procedure for peri-urban land use planning, Urban Forestry and Urban Greening, Vol. 14: 743-750. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.07.004>.
 28. Bošnjak Đ., Hadžić V., Babović D., Kostić N., Burlica Č., Đorović M., Pejković M., Mihajlović D., Stojanović S., Vasić G., Stričević R., Gajić B., Popović V., Šekularac G., Nešić Lj., Belić M., Đorđević A., Pejić B., Maksimović L., Karagić Đ., Lalić B., Arsenić I., (1997): Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta, Novi Sad: Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta; p.278.
 29. Bradl H.B. (2005): Heavy Metals in the Environment. Elsevier Ltd. All rights reserved.
 30. Breuste J. (2013): Ecology in Cities: Man-Made Physical Conditions, p. 17-18. In Niemelä J., (Eds): Urban Ecology, Patterns, Processes and applications, Oxford University Press, US New York.
 31. Brito G., Costa C., Vendas D., Serranheira F. (2016): Soil contamination and human health risk assessment at a former industrial site in a densely populated urban area. In Melo J.J., Disterheft A., Caeiro S., Santos R.F., Ramos T.B. (Eds.): Proceedings of the 22nd Annual International Sustainable Development Research Society Conference: Rethinking Sustainability Models and Practices: Challenges for the New and Old World Contexts (Vol. 2, p. 38). Lisbon: International Sustainable Development Research Society and the Center for Environmental and Sustainability Research, School of Science and Technology, Universidade Nova de Lisboa.
 32. Brock C., Oberholzer H., Franko U. (2017): Soil organic matter balance as a practical tool for environmental impact assessment and management support in arable farming, European Journal of Soil Science, Vol. 68: 951-952. doi: 10.1111/ejss.12495.
 33. Brtnický M., Pecina V., Hladký J., Radziemska M., Koudelková Z., Klimánek M., Richtera L., Adamcová D., Elbl J., Michaela G. V., Baláková Ludmila, Kynický J., Smolíková V., Houška J., Vaverková M.D. (2019): Assessment of phytotoxicity, environmental and health risks of historical urban park soils, Chemosphere, Vol. 220: 678-686. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.188.

34. Byomkesh T., Nakagoshi N., Dewan A.M. (2011): Urbanization and green space dynamics in Greater Dhaka, Bangladesh, *Landscape and Ecological Engineering*, p. 45-58. <https://doi.org/10.1007/s11355-010-0147-7>.
35. Caeiro S., Costa M.H., Ramos T.B., Fernandes F., Silveira N., Coimbra A., Medeiros G., Painho M., (2005): Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: An index analysis approach. *Ecological Indicators*, Vol. 5: 151-169. doi:10.1016/j.ecolind.2005.02.001.
36. Čakmak D., Perović V., Kresović M., Jaramaz D., Mrvić V., Belanović Simić S., Saljnikov E., Trivan G. (2018): Spatial distribution of soil pollutants in urban green areas (a case study in Belgrade), *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 188: 308–317. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2018.02.001>.
37. Čakmak D., Petrović V., Saljnikov E., Mrvić V., Delić D., Stajković Srbinović O., Koković N., Rasulić N., Jarmaz D., Nokoloski M., Dinići Z., Zdravković M., Neretžić B., Ferninet M. (2016): Stanje nepoljoprivrednog zemljišta industrijskih zona većih gradova u Republici Srbiji sa aspekta biološkog i hemijskog kvaliteta, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine Republike Srbije (br. ugovora 404-02-215/6/2015-15 od 6.07.2015 god.) i Institut za zemljište (br. ugovora 602 od 6.07.2015 god.).
38. Calfapietra C., Peñuelas J., Niinemets U. (2015): Urban plant physiology: adaptation-mitigation strategies under permanent stress, *Trends in Plant Science*, Vol. 20 (2): 1360-1385. doi:10.1016/j.tplants.2014.11.001.
39. Cannon W.F., Horton J.D. (2009): Soil geochemical signature of urbanization and industrialization - Chicago, Illinois, USA, *Applied Geochemistry*, Vol. 24: 1590-1601. doi: 10.1016/j.apgeochem.2009.04.023.
40. Charlesworth S., Everett M., McCarthy R., OrdSQez A., de Miguel E. (2003): A comparative study of heavy metal concentration and distribution in deposited street dusts in a large and a small urban area: Birmingham and Coventry, West Midlands, UK, *Environment International*, Vol. 29: 563-573. doi: 10.1016/S0160-4120(03)00015-1.
41. Chen C. Xu Z. (2010): Forest ecosystem responses to environmental changes: the key regulatory role of biogeochemical cycling. *J Soils Sediments*, Vol. 10: 210–214. doi: 10.1007/s11368-009-0164.
42. Chen T.B., Wong J. W.C., Zhou H.Y., Wong M.H. (1997): Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soils of Hong Kong, *Environmental Pollution*, Vol. 96, No. 1): 61-68. PII: S0269-7491(97)00003-1.
43. Chen T.B., Zheng Y.M., Lei M., Huang Z.C., Wu H.T., Chen H., Fan K.K., Yu K., Wu X., Tian Q.Z. (2005): Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China, *Chemosphere*, Vol. 60: 542–551. doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.12.072.
44. Chen X., Xia X., Zhao Y., Zhang P. (2010): Heavy metal concentrations in roadside soils and correlation with urban traffic in Beijing, China, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 181:640-646. doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.05.060.
45. Ciarkowska K. (2018): Assessment of heavy metal pollution risks and enzyme activity of meadow soils in urban area under tourism load: a case study from Zakopane (Poland), *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 25: 13709–13718. doi.org/10.1007/s11356-018-1589.
46. Čosović A.R., Tripić-Stanković A.B., Adamović V.M., Avdalović J.S., Lopičić Z.R. (2013): Olovo u atmosferskim padavinama – Analiza rezultata praćenja zagađenosti atmosferskih padavina na lokaciji „Kamenički vis“. *Hemijska industrija*, Vol. 67 (3): 525-534. doi: 10.2298/HEMIND120622118C.
47. Craul J.P. (1992): *Urban Soil in Landscape Design*, John Wiley and Sons, Inc.
48. Craul J.P., Klein C.J. (1980): *Characterization of Streetside soils in Syracuse, New York*.
49. Dijkstra L., Poelman H. (2014): A harmonised definition of cities and rural areas: the new degree of urbanisation, European Commission Directorate-General for Regional and Urban Policy (DG REGIO), *Regional Working Paper* 2014. https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/work/2014_01_new_urban.pdf.

50. Doichinova V., Zhiyanski M., Hursthouse A. (2006): Impact of urbanisation on soil characteristics, *Environ Chem Lett*, Vol. 3: 160–163. doi:<https://doi.org/10.1007/s10311-005-0024-z>.
51. Dubois J., Cheptou P.O. (2017): Effects of fragmentation on plant adaptation to urban environments, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci.*, Vol. 372(1712). <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0038>.
52. Duong T.T., Lee B.K. (2011): Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics, *Journal of Environmental Management*, Vol. 92 (3): 554-562. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.09.010.
53. ЕкоАтлас (2019): Ekološka valorizacija područja generalnog plana Beograda - Ekološki atlas Beograda Odgovorni rukovodilac projekta: Tošović S.; Koordinator projekta ispred Direkcije: Sarić Z.; Rukovodilac projektnog tima: Gburčik V.; Projektni tim zavoda: Dopović D., Matić-Besarabić S., Tanasković M., Majstorović B., Stojanović R., Marčetić Lj., Jelača P., Milutinović M., Agramović R., Metić M., Mladenović S., Pajić D., Stojanović B., Gburčik P., Igrutinović D., Lazić M., Kartografska obrada: Vasiljević N., Lazić I., Tutundžić A., Gradski zavod za zaštitu zdravlja Beograd, Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda. <http://www.zdravlje.org.rs/ekoatlas/indexsa>. Приступљено 14.05.2019.
54. Efflet R.W., Pouyat V.R. (1997): The genesis, classification, and mapping of soils in urban areas, *Urban Ecosystems*, Vol. 1: 217-228. doi:<https://doi.org/10.1023/A:1018535813797>.
55. Esmaeilzadeh J., Ahangar A.G. (2014): Influence of soil organic matter content on soil physical, chemical and biological properties, *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, Vol. 4:244-252. http://www.ijpaes.com/admin/php/uploads/732_pdf.pdf.
56. Flores A., Pickett S.T.A., Zipperer W.C., Pouyat R.V., Pirani R. (1998): Adopting a modern ecological view of the metropolitan landscape: the case of a greenspace system for the New York City region, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 39, pp. 295–308. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00084-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00084-4).
57. Fordyce F.M., Brown S.E., Ander E.L., Rawlins B.G., O'Donnell K.E., Lister T.R. (2005): GSUE: Urban geochemical mapping in Great Britain, *Geochemistry: Exploration, Environment Analysis*, Vol. 5. 325–336. doi.org/10.1144/1467-7873/05-069.
58. Forman R.T.T. (2014): *Urban Ecology - Science of Cities*, Harvard University, USA. doi:10.1017/CBO9781139030472.
59. Foti L., Dubs F., Gignoux J., Lata J-C., Lerch T.Z., 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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.111>.
60. Franco V., Kousoulidou M., Muntean M., Ntziachristos L., Hausberger S., Dilara P. (2013): Road vehicle emission factors development: a review, *Atmos Environ*, Vol. 70: 84-97. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.01.006>.
61. Gajić G., Đurdjević 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*, Vol. 9: 657. doi:10.3390/plants9050657.
62. Gajić G., Mitrović M., Pavlović P., Djurdjević L., Kostić O., (2009): An assessment of the tolerance of *Ligustrum ovalifolium* Hassk. to traffic-generated Pb using physiological and biochemical markers. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 72: 1090–1101. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.01.010>.
63. Gajić G., Mitrović M., Pavlović P., (2019): Ecorestoration of Fly Ash Deposits by Native Plant Species at Thermal Power Stations in Serbia. In Pandey V., Baudhdh, K., (Eds.): *Phytomanagement of Polluted Sites*, pp. 113-177. Elsevier, ISBN: 9780128139127 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128139127000041>.
64. Gallagher F.J., Pechmann I., Bogden J.D., Grabosky J., Weis P. (2008): Soil metal concentrations and vegetative assemblage structure in an urban brownfield, *Environmental Pollution*, Vol. 153: 351-361. doi: 10.1016/j.envpol.2007.08.011.

65. Garcia R., Millá E. (1998): Assessment of Cd, Pb and Zn Contamination in Roadside Soils and Grasses from Gipuzkoa (Spain). *Chemosphere*, Vol.37(8): 1615-1625. PII:SO0456535(98)00152-0.
66. Ghariani R.A., Gržetić I., Antić M., Nikolić Mandić S. (2010): Distribution and availability of potentially toxic metals in soil in central area of Belgrade, Serbia. *Environ Chem Lett.*, Vol. 8: 261-269. doi: 10.1007/s10311-009-0215-0.
67. Gill S.E., Handley J.F., Ennos A.R., Pauleit S. (2007): Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure, *Built Environment*, Vol 33(1):115-133. doi:<https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>.
68. Godefroid S., Koedam N. (2007): Urban plant species patterns are highly driven by density and function of built-up areas, *Landscape Ecol*, Vol.22:1227-1239. doi: 10.1007/s10980-007-9102-x.
69. Godt J., Scheidig F., Grosse-Siestrup C., Esche V., Brandenburg P., Reich A., Groneberg D.A. (2006): The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health, *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, Vol. 1:22. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-1-22>.
70. Gong Q., Deng J., Xiang Y., Wang Q., Yang L. (2008): Calculating Pollution Indices by Heavy Metals in Ecological Geochemistry Assessment and a Case Study in Parks of Beijing, *Journal of China University of Geosciences*. Vol.19, No.3: 230–241. doi.org/10.1016/S1002-0705(08)60042-4.
71. ГПБ, (2007): Генерални план Београда 2021, Службени лист града Београда, бр. 27/2003, 25/2007, 34/2007.
72. Greinert A. (2015): The heterogeneity of urban soils in the light of their properties, *J Soils Sediments*, Vol. 15:1725–1737. doi: 10.1007/s11368-014-1054-6.
73. Gržetić I., Ghariani R.H.A. (2008): Potential health risk assessment for soil heavy metal contamination in the central zone of Belgrade (Serbia), *J. Serb. Chem. Soc.* Vol. 73: 923-934. doi: 10.2298/JSC0809923G.
74. Guney M., Onay T. T., Coptu N. K. (2010): Impact of overland traffic on heavy metal levels in highwaydust and soils of Istanbul, Turkey, *Environ. Monit. Assess.*, Vol. 164:101-110. doi: 10.1007/s10661-009-0878-9.
75. Hafen M.R., Brinkman R. (1996): Analysis of lead in soils adjacent to an interstate highway in Tampa, Florida, *Environ. Geochem. Health*, Vol. 18:171-179. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01771240>.
76. Håkanson L. (1980): An Ecological Risk Index for aquatic pollution control: a sedimentological approach, *Water Res.*, Vol. 14:975-1001. [http://refhub.elsevier.com/S0045-6535\(17\)30479-4/sref12](http://refhub.elsevier.com/S0045-6535(17)30479-4/sref12).
77. Haney L. R., Alan J., Franzluebbbers A.J., Jin V.L., Johnson M.V., Haney B.E., White J.M, Harmel D.R. (2012): Soil Organic C:N vs. Water-Extractable Organic C:N, *Open Journal of Soil Science*, Vol. 2: 269-274. doi.org/10.4236/ojss.2012.23032.
78. Hoorman J.J., Islam R. (2010): Understanding Soil Microbes and Nutrient Recycling, *The Ohio State University Agriculture and Natural Resources*, p:1-5. <https://ohioline.osu.edu/factsheet/SAG-16>.
79. Horváth A., Szűcs P., Bidló A., (2015): Soil condition and pollution in urban soils: evaluation of the soil quality in a Hungarian town, *J Soils Sediments* 15: 1825-1835, doi.org/10.1007/s11368-014-0991-4.
80. Hou D., O'Connor D., Nathanail P., Tian L., Ma Y. (2017): Integrated GIS and multivariate statistical analysis for regional scale assessment of heavy metal soil contamination: A critical review. *Environmental Pollution*, Vol. 231: 1188-1200. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.021>.
81. Hough M. (2004): *Cities and Natural Process: A Basis for Sustainability*, New York: Routledge.
82. Howard J. (2017): *Anthropogenic Soils*, Springer International Publishing AG. <https://publikacije.stat.gov.rs/G1950/Pdf/G19502001.pdf>.

83. Hu Y., Liu X., Bai J., Shih K., Zeng E. Y., Cheng H. (2013): Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization, *Environ Sci Pollut Res*, Vol. 20: 6150–6159. doi: 10.1007/s11356-013-1668-z.
84. Hua L., Yang X., Liu Y., Tan X., Yang Y. (2018): Spatial Distributions, Pollution Assessment and Qualified Source Apportionment of Soil Heavy Metals in a Typical Mineral Mining City in China, *Sustainability*, Vol. 10: 3115. doi:10.3390/su10093115.
85. Hui Z., Caiqiu W., Jiping G., Xuyin Y., Qiao W., Wenming P., Tao L., Jie Q., Hanpei Z., (2017): Assessment of Heavy Metal Contamination in Roadside Soils Along the Shenyang-Dalian Highway in Liaoning Province, China. *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 26 (4): 1539-1549. doi: 10.15244/pjoes/68910.
86. Imperato M., Adamo P., Naimo D., Arienzo M., Stanzione D., Violante P. (2003): Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy), *Environmental Pollution*, Vol. 124: 247-256. doi:10.1016/S0269-7491(02)00478-5.
87. IPCC (2007): *Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Fourth assessment report.* Cambridge University Press, Cambridge. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4_wg2_errata_en.pdf.
88. Islam S., Ahmed K., Habibullah-Al-Mamun, Masunaga S. (2015): Potential ecological risk of hazardous elements in different land-use urban soils of Bangladesh, *Science of the Total Environment*, Vol. 512-513: 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.100>.
89. Jennings A.A., Cox A.N., Hise S.J., Petersen E.J. (2002): Heavy Metal Contamination in the Brownfield Soils of Cleveland, *Soil and Sediment Contamination*, Vol. 11(5):719-750. <https://doi.org/10.1080/20025891107069>.
90. Jenny H. (1941): *Factors of Soil Formation, A System of Quantitative Pedology*, Foreword by Ronald Amundson, University of California, Berkeley, Dover Publications, INC, New York.
91. Jiao L., Mao L., Liu Y. (2015): Multi-order landscape expansion index: Characterizing urban expansion dynamics, *Landsc. Urban Plan.*, Vol. 137: 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.023>.
92. Jim C. Y. (1998a): Physical and chemical properties of a Hong Kong roadside soil in relation to urban tree growth, *Urban Ecosyst*, Vol. 2: 171-181. doi:<https://doi.org/10.1023/A:1009585700191>.
93. Jim Y. C., (1998b): Urban soil characteristics and limitations for landscape planting in Hong Kong, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 40: 235-249. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00117-5](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00117-5).
94. Jim C.Y., Chen, W.Y. (2009): Ecosystem services and valuation of urban forests in China, *Cities*, Vol. 26: 187-194. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2009.03.003>.
95. Johansson C., Norman M., Burman L. (2009): Road traffic emission factors for heavy metals, *Atmospheric Environment*, Vol. 43: 4681-4688. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.10.024.
96. Јовановић Б. (1950): Несамоникла дендрофлора Београда и околине, Гласник Шумарског факултета, Универзитета у Београду, бр. 1: 75-113.
97. Jovic J. (2003): *Modern Tool in Transportation Planning – Transport Model of Belgrade*, *Transporti Europei*, Vol. 9 (24): 31-38.
98. Jović J., Đorić D.V. (2009): Application of transport demand modeling in pollution estimation of a street network, *Thermal Science*, Vol. 13, No. 3: 229-243. doi:10.2298/TSCI0903229J.
99. Kabata-Pendias A., Pendias H. (2011): *Trace Elements in Soils and Plants*, CRC Press, Boca Raton, FL. <https://doi.org/10.1201/b10158>.
100. Kachova V.G., Atanassova I.D. (2017): Heavy metal pools in urban soils from city parks of Sofia, Bulgaria, *Agricultural Science and Technology*, Vol. 9, No 2: 144-150. doi: 10.15547/ast.2017.02.026.
101. Karim Z., Qureshi B.A., Mumtaz M., Qureshi S. (2014): Heavy metal content in urban soils as an indicator of anthropogenic and natural influences on landscape of Karachi - A multivariate

- spatio-temporal analysis, *Ecological Indicators*, Vol. 42: 20-31. doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.07.020.
102. Kashyap R., Sharma R., Uniyal S.K. (2019): Distribution of heavy metals in habitation land-use soils with high ecological risk in urban and peri-urban areas, *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, Vol. 16: 8093–8106. doi.org/10.1007/s13762-018-02203-4.
 103. Kaye J.P., Groffman P.M., Grimm N.B., Baker L.A., Pouyat R.V. (2006): A distinct urban biogeochemistry? *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 21(4): doi:10.1016/j.tree.2005.12.006.
 104. Kennen K., Kirkwood N., (2015): *Phyto Principles and resources for site remediation and landscape desing*. Routledge, Taylor & Francis Group, London and New York.
 105. Knežević M., Košanin O. (2011): *Praktikum iz pedologije*, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu.
 106. Kohler M., Kunniger T., Schmid P., Gujer E., Crockett R., Wolfensberger M. (2000): Inventory and Emission Factors of Creosote, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) and Phenols from Railroad Ties Treated with Creosote, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 34: 4766-4772. https://doi.org/10.1021/es000103h.
 107. 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*, Vol. 163: 78-88. https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.12.010.
 108. Kowalska J.B., Mazurek R., Gašiorek M., Zaleski T. (2018): Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination - A review, *Environ Geochem Health*, Vol. 40: 2395-2420. doi.org/10.1007/s10653-018-0106-z.
 109. Kuzmanoski M.M., Todorović M.N., Aničić-Urošević M.P., Rajšić S.F. (2014): Heavy metal content of soil in urban parks of Belgrade, *Hemijska Industrija*, Vol. 68: 643-651. doi: 10.2298/HEMIND131105001K.
 110. Lagomarsino A., De Angelis P., Moscatelli M.C., Grego S. (2009): The influence of temperature and labile C substrates on heterotrophic respiration in response to elevated CO₂ and nitrogen fertilization, *Plant Soil*, Vol. 317: 223–234. doi:10.1007/s11104-008-9804-0.
 111. Lal R., Augustin B.J. (2012). *Carbon Sequestration in Urban Ecosystems*, Dordrecht: Springer. doi:10.1007/978-94-007-2366-5.
 112. Laurie I.C., ed. (1979): *Nature in Cities: The Natural Environment in the Design and Development of Urban Green Space*, New York: John Wiley. doi:https://doi.org/10.1017/S003060530002439X.
 113. Lee C.S., Li X.D., Shi W.Z., Cheung S.C., Thornton I. (2006): Metal contamination in urban, suburban and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics, *Science of the Total Environment*, Vol. 356: 45-61. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.03.024.
 114. Lehmann A., Stahr K. (2007): Nature and Significance of Anthropogenic Urban Soils, *J Soils Sediments*. doi.org/10.1065/jss2007.06.235.
 115. Li F.Y., Fan Z.P., Xiao P.F., Oh K., Ma X.P., Hou W. (2009a): Contamination, chemical speciation and vertical distribution of heavy metals in soils of an old and large industrial zone in Northeast China, *Environmental Geology*, Vol: 57: 1815-1823. doi: 10.1007/s00254-008-1469-8.
 116. Li J.L., He M., Han W., Gu Y.F. (2009b): Analysis and assessment on heavy metal sources in the coastal soils developed from alluvial deposits using multivariate statistical methods, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 164: 976-981. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.08.112.
 117. Li X., Liu L., Wang Y., Luo G., Chen X., Yang X., Hall M.H.P., Guo R., Wang H., Cui J., He X., (2013): Heavy metal contamination of urban soil in an old industrial city (Shenyang) in Northeast China, *Geoderma* 192: 50–58. doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.08.011.
 118. Li X., Poon C., Liu P.S. (2001): Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *Applied Geochemistry*, Vol. 16: 1361-1368. PII: S0883-2927(01)00045-2.

119. Linde M., Bengtsson H., Öborn I. (2001): Concentrations and pools of heavy metals in urban soils in Stockholm, Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 1: 83–101. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1017599920280>.
120. Liu C., Lu L., Huang T., Huang Y., Ding L., Zhao W. (2016): The Distribution and Health Risk Assessment of Metals in Soils in the Vicinity of Industrial Sites in Dongguan, China, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 13: 832. doi:10.3390/ijerph13080832.
121. Liu H., Chen L.P., Ai Y.W., Yang X., Yu Y.H., Zuo Y.B. (2009): Heavy metal contamination soil alongside mountain railway in Sichuan, China, *Environ. Monit. Assess.*, Vol. 152, 25-33. doi:10.1007/s10661-008-0293-7.
122. Liu L., Liu Q., Ma J., Wu H., Qu Y., Gong Y., Yang S., An Y., Zhou Y. (2020): Heavy metal(loid)s in the topsoil of urban parks in Beijing, China: Concentrations, potential sources, and risk assessment, *Environmental Pollution*, Vol. 260: 114083. doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114083.
123. Lorenz K. (2017): Urban Lands: Management, p. 2400-2406. In Lal (Eds.): *Encyclopedia of Soil Science*, Third Edition, Taylor and Francis. UK. doi:10.1081/E-ESS3-120052920.
124. Lorenz K., Kandeler E. (2005): Biochemical characterization of urban soil profiles from Stuttgart, Germany, *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 37: 1373-1385. doi:10.1016/j.soilbio.2004.12.009.
125. Lorenz K., Lal R. (2009): Biogeochemical C and N cycles in urban soils, *Environment International*, Vol. 35:1-8. doi.org/10.1016/j.envint.2008.05.006.
126. Lorenz K., Preston C.M., Kandeler E. (2006): Soil organic matter in urban soils: Estimation of elemental carbon by thermal oxidation and characterization of organic matter by solid state ¹³C nuclear magnetic resonance spectroscopy, *Geoderma*, Vol. 130, 312–323. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.02.004>.
127. Lu Y., Zhu F., Chen J., Gan H., Guo Y. (2007): Chemical fractionation of heavy metals in urban soils of Guangzhou, China, *Environ Monit Assess*, Vol. 134: 429-439. doi:10.1007/s10661-007-9634-1.
128. Lu S., Wang H., Bai S. (2009): Heavy metal contents and magnetic susceptibility of soils along an urban–rural gradient in rapidly growing city of eastern China, *Environ Monit Assess.*, Vol. 155:91–101. doi:10.1007/s10661-008-0420-5. doi:10.1007/s10661-008-0420-5.
129. Madrid L., Díaz-Barrientos E., Madrid F. (2002): Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville, *Chemosphere*, Vol. 49: 1301-1308. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(02\)00530-1](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00530-1).
130. Madrid L., Díaz-Barrientos E., Reinoso R., Madrid F. (2004): Metals in urban soils of Sevilla: seasonal changes and relations with other soil components and plant contents, *European Journal of Soil Science*, Vol. 55: 209-217. doi: 10.1046/j.1365-2389.2004.00589
131. Madrid L., Díaz-Barrientos E., Ruiz-Cortés E., Reinoso R., Biasioli M., Davidson C.M., Duarte A.C., Grčman H., Hossack I., Hursthouse A.S., Kralj T., Ljung K., Otabbong E., Rodrigues S., Urquhart G.J., Ajmone-Marsan F. (2006): Variability in concentrations of potentially toxic elements in urban parks from six European cities, *Journal of Environmental Monitoring*, Vol. 8: 1158-1165. doi: 10.1039/b607980f.
132. Mao Q., G. Huang, A. Buyantuev, J. Wu, S. Luo, Ma K. (2014): Spatial heterogeneity of urban soils: the case of the Beijing metropolitan region, China, *Ecological Processes*, Vol. 3:23. doi:10.1186/s13717-014-0023-8.
133. Marcotullio P.J., Braimoh A.K., Onishi T. (2008): Chapter 10: The Impact of Urbanization on Soils, p. 201-205. In (Eds.) Braimoh A.K. et Vlek P.L.G.: *Land Use and Soil Resources*, Springer Dordrecht. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6778-5_10.
134. Marjanović M.D., Vukčević M.M., Antonović D.G., Dimitrijević S.I., Jovanović Đ.M., Matavulj M.N., Ristić M.Đ. (2009): Heavy metals concentration in soils from parks and green areas in Belgrade, *Journal of Srebian Chemical Society*, Vol. 74(6): 697-706. doi: 10.2298/JSC0906697M.

135. Marković M., Zuliani T., Belanović Simić S., Mataruga Z., Kostić O., Jarić S., Vidmar J., Milačić R., Ščančar J., Mitrović M., Pavlović P., (2018): Potentially toxic elements in the riparian soils of the Sava River. *Journal of Soils and Sediments*, Vol. 18: 3404–3414. doi.org/10.1007/s11368-018-2071-7.
136. Martínez L.L.G., Poletto C. (2014): Assessment of diffuse pollution associated with metals in urban sediments using the geoaccumulation index (Igeo), *Journal of Soils and Sediments*, Vol. 14: 1251–1257. doi.org/10.1007/s11368-014-0871.
137. Mataruga Z, Jarić S, Marković M, Pavlović M, Pavlović D, Jakovljević K, Mitrović M, Pavlović P. (2020): Evaluation of *Salix alba*, *Juglans regia* and *Populus nigra* as biomonitors of PTEs in the riparian soils of the Sava River. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 192:131. https://doi.org/10.1007/s10661-020-8085-9.
138. Meuser H. (2010): *Contaminated Urban Soils*, Springer, Dordrecht. doi:https://doi.org/10.1007/978-90-481-9328-8.
139. Mielke H.W., Gonzales C.R., Powell E., Jartun M., Mielke Jr P.W. (2007): Nonlinear association between soil lead and blood lead of children in metropolitan New Orleans, Louisiana: 2000–2005, *Sci. Total Environ.* Vol. 388: 43-53. doi:10.1016/j.scitotenv.2007.08.012.
140. Mihailović A., Budinski-Petković Lj., Popov S., Ninkov J., Vasin J., Ralević N. M., Vučinić Vasić M. (2015): Spatial distribution of metals in urban soil of Novi Sad, Serbia: GIS based approach, *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 150: 104–114. https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.12.017.
141. Милановић Х., (2006): Зеленило Београда, Монографија, Посебно издање ЈКП „Зеленило -Београда“. Београд.
142. Miljković S., Stojanović N., Tešić M., Lisica A. (2017): The role and significance of green infrastructure in sustainable city. *Journal Ecologica XXIV*, Vol. 24(88): 896-902.
143. Mireles F., Davila J.I., Pinedo J.L., Reyes E., Speakman R.J., Glascock M.D. (2012): Assessing urban soil pollution in the cities of Zacatecas and Guadalupe, Mexico by instrumental neutron activation analysis, *Microchem J.* 103:158–164. doi: 10.1016/j.microc.2012.02.009.
144. Mitrović M., Pavlović P., Lakušić D., Stevanović B., Djurdjević L., Gajić G., Kostić O., (2008): The potential of *Festuca rubra* and *Calamagrostis epigejos* for the revegetation on fly ash deposits. *Science of the Total Environment*, Vol. 407: 338–347. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.09.001.
145. Mitrović B., Vranješ B., Kostić O., Perović V., Mitrović M., Pavlović P., (2019): Radionuclides and heavy metals in soil, vegetables, and medicinal plants in suburban areas of the cities of Belgrade, and Pančevo, Serbia. *Nuclear Technology & Radiation Protection*, Vol. 34(3): 278-284. https://doi.org/10.2298/NTRP190307026M.
146. Mónok D., Kardos L., Pabar S.A., Kotroczó Z., Tóth E., Végvári G. (2020): Comparison of soil properties in urban and non-urban grasslands in Budapest area. *Soil Use Manage.* 2020, p.1–12. https://doi.org/10.1111/sum.12632.
147. Morel J.L., Chenu C., Lorenz K. (2015): Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining and military areas, *Journal of Soils Sediments*, Vol. 15:1659-1666. doi: 10.1007/s11368-014-0926-0.
148. Mou Y., Song Y., Xu Q., He Q., Hu A. (2018): Influence of Urban-Growth Pattern on Air Quality in China: A Study of 338 Cities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 15, 1805: 1-16. doi:10.3390/ijerph15091805.
149. Mrvić V., Kostić-Kravljanac L.J., Čakmak D., Sikirić B., Brebanović B., Perović V., Nikoloski M. (2011): Pedogeochemical mapping and background limit of trace elements in soils of Branicevo Province (Serbia), *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 109(1-3): 18-25. doi:10.1016/j.gexplo.2010.09.005.
150. Mrvić V., Sikirić B., Jaramaz D., Koković N., Nikoloski M. (2019): Background and threshold values of potentially toxic elements in soil at Central part of Republic of Serbia, *Ratar. Povrt.*, Vol. 56(1): 1-6. doi:10.5937/ratpov56-19692.

151. Mrvić V., Antonović G., Martinović Lj. (2009): Plodnost i sadržaj opasnih i štetnih materija u zemljištima centralne Srbije. Institut za zemljište, Beograd.
152. МЗЛН (2019): Смернице за доношење програма мониторинга земљишта на локалном нивоу. Министарство заштите животне средине, Републике Србије. http://www.sepa.gov.rs/download/Smernice_za_donosenje_Programa_monitoringa_zemljista.pdf.
153. Nazarpour A., Watts M.J., Madhani A., Elahi S. (2019): Source, Spatial Distribution and Pollution Assessment of Pb, Zn, Cu, and Pb, Isotopes in urban soils of Ahvaz City, a semi-arid metropolis in southwest Iran, *Sci Rep.* Vol. 9: 5349. doi.org/10.1038/s41598-019-41787.
154. Needleman H.L.; Bellinger D. (1991): The health effects of low level exposure to lead. *Annu. Rev. Public Health*, Vol. 12: 111-140. doi:10.1146/annurev.pu.12.050191.000551.
155. Norby R.J., Cotrufo M.F., Ineson P., O'Neill E.G., Canadell J. (2001): Elevated CO₂, litter chemistry and decomposition: a synthesis, *Oecologia*, Vol. 127: 153–165. doi: 10.1007/s004420000615.
156. Nowak D.J., Rowntree R.A., Mc Pherson G., Sisinni S.M., Kerkmann R.J., Stevens C. (1996): Measuring and analyzing urban tree cover, *Landscape and Urban Planing*, Volume 36, Issue 1: 49-57. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(96\)00324-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(96)00324-6).
157. Nriagu J.O., Pacyna J.M. (1988): Quantitative assessment of world wide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333, 134–139. <https://doi.org/10.1038/333134a0>.
158. Okay O.S., Pekey H., Mork C.E., Başak S., Baykal B. (2008): Metals in the surface sediments of Istanbul Strait (Turkey), *Journal of Environmental Science and Health Part A*, Vol. 43: 1725-1734. doi: 10.1080/10934520802330412.
159. ОРРС 2020: Општине и региони у Републици Србији 2020, Републички завод за статистику. <https://publikacije.stat.gov.rs/G2020/Pdf/G202013047.pdf>.
160. Othman I., Al-Oudat M., Al-Masri M.S. (1997): Lead levels in roadside soils and vegetation of Damascus City, *Sci. Total Environ.*, Vol. 207: 43-48. doi.org/10.1016/S0048-9697(97)00243.
161. Patterson C.J., Murray J.J., Short R.J. (1980): The impact of urban soils on vegetation. *Metro. Tree Impr. Alliance (METRIA) Proc.*, Vol. 3:33-56.
162. Pauleit S., Breuste J.H. (2013): Land use and surface cover as urban ecological indicators, p. 19-30. In (Eds.): Niemela J., Breuste J. Elmqvist H.T.: *Urban Ecology: Patterns, Processes, and Applications*, New York: Oxford University Press.
163. Pavao-Zuckerman M. (2008): The Nature of Urban Soils and Their Role in Ecological Restoration in Cities. *Redtoration Ecology*, Vol. 16, No. 4: 642-649. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00486.x>.
164. Pavlović D. (2018a): Hemizam potencijalno toksičnih elemenata u zemljištu i njihov uticaj na funkcionisanje vrsta *Betula pendula* Roth., *Acer pseudoplatanus* L. i *Acer platanoides* L. u urbanim sredinama nekoliko industrijskih centara u Srbiji, Doktorska disertacija, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu.
165. Pavlović M. (2018b): Ekofiziološke adaptacije vrsta *Pinus nigra* Arn., *Aesculus hippocastanum* L. i *Platanus acerifolia* (Ait.) Willd. u urbanim sredinama sa različitim izvorima zagađenja, Doktorska disertacija, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.
166. Pavlović P., Kostić N., Karadžić B., Mitrović M. (2017a): *The Soils of Serbia*, Springer Science+Business Media, Dordrecht. doi.org/10.1007/978-94-017-8660-7.
167. Pavlović P., Marković M., Kostić O., Sakan S., Đorđević D., Perović V., Pavlović D., Pavlović M., Čakmak D., Jarić S., Paunović M., Mitrović M. (2019): Evaluation of potentially toxic element contamination in the riparian zone of the River Sava, *Catena*, Vol. 174: 399-412. doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.034.
168. Pavlović P., Mitrović M. (2016): Kontaminacija zemljišta, str. 107-136. U Belanović Simić S. (Edc.): *Degradacija i zaštita zemljišta*, Tematski zbornik, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
169. Pavlović P., Mitrović M., Đurđević L., Gajić G., Kostić O., Bojović S. (2007): Ecological potential of *Spirea x vanhouttei* (Briot) Zabel for urban (Belgrade city) and fly ash deposit

- (Obrenovac) landscaping in Serbia, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 16: 427-431. <https://radar.ibiss.bg.ac.rs/handle/123456789/1622>.
170. Pavlović D., Pavlović M., Čakmak D., Kostić O., Jarić S., Sakan S., Đorđević D., Mitrović M., Gržetić I., Pavlović P. (2018c): Fractionation, Mobility and Contamination Assessment of Potentially Toxic Metals in Urban Soils in Four Industrial Serbian Cities. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 75: 335-350. <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0518-x>.
 171. Pavlović M., Pavlović D., Kostić O., Jarić S., Čakmak D., Pavlović P., Mitrović M. (2017b): 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, Vol. 11(5-6): 625-639. <https://doi.org/10.1007/s41742-017-005-x>.
 172. Pavlović D., Pavlović M., Marković M., Karadžić B., Kostić O., Jarić S., Mitrović M., Gržetić I., Pavlović P., (2017c): Possibilities of assessing trace metal pollution using *Betula pendula* Roth. leaf and bark – Experience in Serbia. Journal of Serbian Chemical Society, Belgrade, Vol. 82: 723-737. doi:<https://doi.org/10.2298/JSC170113024P>.
 173. Петровић Ј. (2015): Структурна, еколошка и социолошка истраживања травњака рекреативних површина, Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Шумарски факултет.
 174. Pflieger S., Englisch M., Reiter R. (2012): Current state of heavy metal contents in Vienna soils, Environ Geochem Health, 34:665–675. doi: 10.1007/s10653-012-9485-8.
 175. Pickett A.T.S., Cadenasso L.M., Grove M.J., Nilon H.C., Pouyat V.R., Zipperer C.W, Costanza R. (2001): Urban Ecological Systems: Linking Terrestrial Ecological, Physical and Socio-economic Components of Metropolitan Areas. Annu. Rev. Ecol. Syst., Vol. 32: 127-57. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114012>.
 176. Pickett A.T.S., Cadenasso M. (2009): Altered resources, disturbance and heterogeneity: A framework for comparing urban and non-urban soils. Urban Ecosystems, Vol. 12: 23-44. <https://doi.org/10.1007/s11252-008-0047-x>.
 177. Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Grove J.M., Groffmann P.N., et al. (2008): Beyond urban legends: an emerging framework of urban ecology, as illustrated by the Baltimore ecosystem study, BioScience., Vol. 58, 139-150. <https://doi.org/10.1641/B580208>.
 178. Plak A., Chodorowski J., Bis M. (2015): Influence of Land Use on the Content of Select Forms of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in Urban Soils. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 24, No. 6: 2577-2586. doi: 10.15244/pjoes/59275.
 179. ПГР, (2018): План генералне регулације система зелених површина Београда. Службени гласник РС бр. Службени Града Београда”, бр. 39/08, 6/10, 23/13, 17/16 – одлука УС и 60/19).
 180. Pouyat R., Yesilonis I.D., Russell-Anelli J., Neerchal N.K. (2007a): Soil Chemical and Physical Properties That Differentiate Urban Land-Use and Cover Types, Soil Sci. Soc. Am. J. 71:1010-1019. doi:10.2136/sssaj2006.0164.
 181. Pouyat R., Groffman P., Yesilonis I., Hernandez L. (2002): Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems, Environ. Pollut. Vol. 116: 107–118. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00263-9](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00263-9).
 182. Pouyat R., Pataki D.E., Belt K.I., Groffman P.M., Hotn J., Band L.E., (2007b): Effects of Urban Land-Use Change on Biogeochemical Cycles, Chapter 5, p. 45-58, In: Canadell J.G., Pataki D.E., Pitelka L.F. (Eds.): Terrestrial ecosystems in a changing world, Springer, Berlin.
 183. Pouyat V.R., Sxlavec K., Yesilonis D.I., Groffman M.P., Schwarz K. (2010): Chemical, Physical, and Biological Characteristics of Urban Soils, p. 119-152. In: Aitkenhead-Peterson J., Volder A. (Eds): Urban Ecosystem Ecology, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, USA, Agronomy Monograph 5. Chemical, DOI:10.2134/agronmonogr55.
 184. Qingjie G., Jun D., Yunchuan X., Qingfei W., Liqiang Y. (2008): Calculating Pollution Indices by Heavy Metals in Ecological Geochemistry Assessment and a Case Study in Parks of Beijing,

- Journal of China University of Geosciences, Vol. 19: 230-241. [https://doi.org/10.1016/S1002-0705\(08\)60042-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0705(08)60042-4).
185. Richter D.B., Bacon A.R., Brecheisen Z., Mobley M.L. (2015): Soil in the Anthropocene IOP conference series, Earth Environ. Sci., Vol. 25: 1-11.
 186. Richter D.B., Yaalon D.H. (2012): The changing model of soil revisited, Soil Sci. Soc. Amer. J., Vol. 76: 766-778. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0407>.
 187. Rinklebe J., Antoniadis V., Shaheen S. M., Roschef O., Altermann M., (2019): Health risk assessment of potentially toxic elements in soils along the Central Elbe River, Germany. Environment International, Vol 126: 76-88. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.011>.
 188. Ristić M., Marjanović M. (2006): Concentrations of Cu, Zn, Cd and Pb in urban soils in parks and green areas of Belgrade, Serbia, Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, Vol. 12 (4): 236-240. doi.org/10.2298/CICEQ0604236R
 189. Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin F.S., Lambin E.F., Lenton T.M., Scheffer M., Folke C., Schellnhuber H.J., Nykvist B., de Wit C.A., Hughes T., van der Leeuw S., Rodhe H., Sörlin S., Snyder P.K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., Karlberg L., Corell R.W., Fabry V.J., Hansen J., Walker B., Liverman D., Richardson K., Crutzen P., Foley J.A. (2009): A safe operating space for humanity, Nature, Vol. 461: 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>.
 190. Rodrigues S.M., Cruz N., Coelho C., Henriques B., Carvalho L., Duarte A.C., Pereira E., Römkens P.F.A.M. (2013): Risk assessment for Cd, Cu, Pb and Zn in urban soils: Chemical availability as the central concept, Environmental Pollution, Vol. 183: 234-242. doi.org/10.1016/j.envpol.2012.10.006.
 191. Róžański S., Jaworska H., Matuszczak K., Nowak J., Hardy A. (2017): Impact of highway traffic and the acoustic screen on the content and spatial distribution of heavy metals in soils, Environ Sci Pollut Res, Vol. 24:12778-12786. doi: 10.1007/s11356-017-8910.
 192. Róžański S., Kwasowski W., Castejón J.M.P., Hardy A. (2018): Heavy metal content and mobility in urban soils of public playgrounds and sport facility areas, Poland. Chemosphere, Vol. 212: 456-466. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.08.109
 193. Samuilov S., Lang F., Djukic M., Djunisijevic-Bojovic D., Heinz R. (2016): Lead uptake increases drought tolerance of wild type and transgenic poplar (*Populus tremula* x *P. alba*) over expressing gsh 1, Environmental Pollution, Vol. 216: 773-785. doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.047.
 194. Sauerwein M. (2013): Urban Soils - Characterization, Pollution and Relevance in Urban Ecosystems, p. 45-58, In: Niemelä J. (Eds.): Urban Ecology: Patterns, Processes, and Applications, Published to Oxford Scholarship.
 195. Sawidis T., Breuste J., Mitrović M., Pavlović P., Tsigaridas K., (2011): Trees as Bioindicator of Heavy Metal Pollution in Three European Cities. Environmental Pollution, Vol. 159: 3560–3570. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.08.008>.
 196. Scalenghe R., Marsan F.A. (2009): The anthropogenic sealing of soils in urban areas, Landscape Urban Planning, Vol. 90: 1-10. doi:10.1016/j.landurbplan.2008.10.011.
 197. Scharenbroch C.B., Lloyd E.J., Johnson-Maynard L.J. (2005): Distinguishing urban soils with physical chemical and biological properties. Pedobiologia, Vol. 49: 283-296. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2004.12.002>.
 198. Sezgin N., Ozcan H.K., Demir G., Nemlioglu S., Bayat C. (2003): Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway, Environment International, Vol. 29: 979-985. doi:10.1016/S0160-4120(03)00075-8.
 199. Sharma P., Dubey R.S. (2005): Lead toxicity in plants, Braz. J. Plant Physiol., Vol. 1: 35-52 doi.org/10.1590/S1677-04202005000100004.
 200. Simon E., Vidic A., Braun M., Fábíán I., Tóthmérész B. (2013): Trace element concentrations in soils along urbanization gradients in the city of Wien, Austria, Environ Sci Pollut Res, Vol. 20:917–924. doi 10.1007/s11356-012-1091

201. Stojanović N., Vasiljević N., Veselinović M., Radić B., Skočajić D., Galečić, Tešić M, Lisica A., (2018): The Biophysical Structure Of Roadside Green Spaces: The Impact On Ecological Conditions In The Urban Environment, *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 27 (12B): 9782-9791.
202. Stojanović N., Veselinović M., Petrov Đ., Petrović J., Tešić M., Aleksandar L., (2019): The impact of plant cover and dendrological structure of roadside green spaces on microclimate in the urban environment. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 28(2019): 7609-7620.
203. Sun Y.B., Zhou Q.X., Xie X.K., 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*, Vol. 174: 455-462. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.09.074>.
204. Škorić A., Filipovski G., Čirić M., (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Akademija nauka I umjetnosti Bosne I Hercegovine. Sarajevo.
205. Thorpe A., Harrison R.M. (2008): Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: a review, *Sci. Total Environ*, Vol. 400 (1e3): 270-282. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.007>.
206. Trowbridge P.J., Bassuk N.L. (2004): *Trees in the Urban Landscape*, John Wiley and Sons, INC, Hoboken, New Jersey.
207. УГВЗМ (2019): Уредба о граничним вредностима загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту. Службени гласник Републике Србије, број 30/2018; 64/2019. <https://www.paragraf.rs/propisi/uredba-granicnim-vrednostima-zagadjujucih-stetnih-opasnih-materija-zemljistu.html>.
208. UN (2019): 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>. Pristupljeno 09.10.2019.
209. Vodyanitskii N.Y. (2015): Organic Matter of Urban Soils: A Review, *Eurasian Soil Science*, Vol. 48 (8): 802-811. <https://doi.org/10.1134/S1064229315080116>.
210. Vratuša V., (1986): Karakteristike antropogenih zemljišta Novog Beograda i njihov uticaj na zelene površine, Magistrski rad, Šumarski fakultet, Institut za Pejzažnu arhitekturu, Univerzitet u Beogradu.
211. Вратуша В. (1999): Истаживање степена загађености земљишта тешким металима зелених површина Београда и околине, Докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
212. Vratuša V. (2000a): Belgrade urban soils as a growth media and a sink for airborne lead, *Abstracts of the Second Balkan Botanical Congress, Istanbul, Turkey*, 95.
213. Vratuša V. (2002): Restoration of anthropogenically degraded urban soils of Belgrade. *Conference abstracts of the 3rd European conference on restoration ecology, Budapest*, p.158.
214. Вратуша В., Анастасијевић, Н. (1988): Акумулација неких тешких метала у земљишту и на биљкама дуж аутопута Братство-Јединство, Зборник симпозијума "Сигурносни и еколошки аспекти прометног система Југославије". ЈАЗУ, Загреб, стр. 137-139.
215. Vuković T. (2002): Prekogranični transport teških metala putem atmosfere, pp. 21-33. U Kadović R., Knežević M. (Edc.): *Teški metali u šumskim ekosistemima Srbije*, Šumarski Fakultet i Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine RS, Beograd.
216. Wang H., Marshall C. W., Cheng M., Xu H., Li H., Yang X., Zheng T., (2017): Changes in land use driven by urbanization impact nitrogen cycling and the microbial community composition in soils, *Scientific Reports*, Vol. 7:44049. [Doi: 10.1038/srep44049](https://doi.org/10.1038/srep44049).
217. Wang L.Y., Xiao Y., Rao E.M. Jiang L., Xiao Y., Ouyang Z.Y. (2018): An Assessment of the Impact of Urbanization on Soil Erosion in Inner Mongolia, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 15: 550. [doi:10.3390/ijerph15030550](https://doi.org/10.3390/ijerph15030550).
218. Wang M., Zhang H. (2018): Accumulation of Heavy Metals in Roadside Soil in Urban Area and the Related Impacting Factors. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 15: 1064. [doi:10.3390/ijerph15061064](https://doi.org/10.3390/ijerph15061064) [www.mdpi](http://www.mdpi.com).

219. Wang X.S, Qin Y., Sang S.X. (2005): Accumulation and sources of heavy metals in urban topsoils: a case study from the city of Xuzhou, China, *Environ Geol.*, Vol 48: 101-107. doi: 10.1007/s00254-005-1270-x.
220. Wei B., Jiang F., Li X., Mu S. (2009): Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in urban road dusts from Urumqi, NW China. *Microchemical Journal*, Vol. 93: 147–152. doi:10.1016/j.microc.2009.06.001.
221. Wei B.G., Yang, L.S. (2010): A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China, *Microchemical Journal*, Vol. 94: 99-107. doi: 10.1016/j.microc.2009.09.014.
222. Werkenthin M., Kluge B., Wessolek G. (2014): Metals in European roadside soils and soils pollution - a review, *Environmental Pollution*, Vol. 189: 98-110. doi.org/10.1016/j.envpol.2014.02.025 0269-7491
223. Weissmannová D. H., Pavlovský J., Chovanec P., (2015): Heavy metal Contaminations of Urban soils in Ostrava, Czech Republic: Assessment of Metal Pollution and using Principal Component Analysis. *Int. J. Environ. Res.*, Vol. 9(2):683-696, Spring 2015. doi: 10.22059/IJER.2015.943.
224. Wong M.H., Chen T.B., Wong J.W.C. (1996): Trace metal contamination of the Hong Kong soil environment: A review, p 501-511. In Naidu R., Kookuna R.S., Oliver D.P., Rogers S., Mc Laughlin M.J. (Eds): *Contaminants and the soil environment in the Australasia - Pacific Region*, Kluwer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1626-5_16.
225. Woszczyk M., Spsychalski W., Boluspaeva L. (2018): Trace metal (Cd, Cu, Pb, Zn) fractionation in urban-industrial soils of Ust-Kamenogorsk (Oskemen), Kazakhstan - implications for the assessment of environmental quality, *Environ Monit Assess.* Vol. 190: 362. doi.org/10.1007/s10661-018-6733-0.
226. WRB (2015): World reference base for soil resources 2014, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>.
227. Wuana R.A., Okieimen F.E. (2011): Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation, *ISR Network, Ecology* 1-20. <https://doi.org/10.5402/2011/402647>.
228. Xia X., Chen X., Liu R., Liu H. (2011): Heavy metals in urban soils with various types of land use in Beijing, China., *Journal of Hazardous Materials* 186: 2043-2050. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.12.104.
229. Yaalon D.H. (1971): Soil forming processes in space and time. In Yaalon, D. H. (Eds): *Paleogeology - Origin, Nature and Dating of Paleosols*, Israel Univ. Press, Jerusalem.
230. Yaalon D.H., Yaron B. (1966): Framework for man-made soil changes - an outline of metapedogenesis, *Soil Sci.*, Vol. 102: 272–277. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0130>.
231. Yan X.D., Gao D., Zhang F., Zeng C., Xiang W., Zhang M. (2013): Relationships between heavy metal contents in roadside topsoil and distance to road edge based on field observations in the Qinghai–Tibet Plateau, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 10(3): 762-775. doi:10.3390/ijerph10030762
232. Yang H., Wang F., Yu J., Huang K., Zhang H., Fu Z. (2021): An improved weighted index for the assessment of heavy metal pollution in soils in Zhejiang, China, *Environmental Research*, Vol. 192: 110246. doi.org/10.1016/j.envres.2020.110246.
233. Yaron B., Dror I., Berkowitz B. (2016): Engineered nanomaterials as a potential metapedogenic factor: A perspective, *Catana*, Vol. 146: 30-37. doi.org/10.1016/j.catana.2016.02.003.
234. Yu S., Chen Z., Zhao K., Ye Z., Zhang L., Dong J., Shao Y., Zhang C., Fu W. (2019): Spatial Patterns of Potentially Hazardous Metals in Soils of Lin'an City, Southeastern China, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 16: 246. doi:10.3390/ijerph16020246.
235. Zehetner F., Rosenfellner U., Mentler A., Gerzabek M.H. (2009): Distribution of road salt residues, heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons across a highway – forest interface, *Water Air Soil Pollut.* Vol. 198 (1–4): 125-132. doi:10.1007/s11270-008-9831-8.

236. Zhang H., Wang Z., Zhang Y., Ding M., Li L. (2015): Identification of traffic-related metals and the effects of different environments on their enrichment in roadside soils along the Qinghai–Tibet highway; *Science of the Total Environment*, Vol. 521-522: 160-172. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.054.
237. Zhang Q., Yu R., Fu S., Wu Z., Chen H.Y.H., Liu H. (2019): Spatial heterogeneity of heavy metal contamination in soils and plants in Hefei, China. *Scientific Reports* (2019) 9:1049. doi:10.1038/s41598-018-36582-y.
238. Zhou X.Y., Wang X.R. (2019): Impact of industrial activities on heavy metal contamination in soils in three major urban agglomerations of China, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 230: 1-10. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.098.
239. Zhu W., Carreiro M.M. (2004): Temporal and spatial variations in nitrogen transformations in deciduous forest ecosystems along an urban–rural gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 36: 267–278. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.09.013>.
240. Zhu W., Dillard D.N., Nancy B., Grimm B.N. (2004): Urban nitrogen biogeochemistry: status and processes in green retention, *Biogeochemistry*, Vol. 71: 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10533-005-0683-7>.
241. Zou J., Liu Z., Shi X., Song Z., Yang Y. (2020): Sources and distribution of heavy metal and C-N isotopes in topsoils across an urban-rural gradient in a typical hazy city, northern China. *Atmospheric Environment*, Vol. 241: 117802. doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117802.
242. 333 (2015): Закон о заштити земљишта. "Службени гласник РС", бр. 112, 30. децембра 2015.

Биографија аутора

Маст. инж. Мирјана Тешић, рођена је 1979. у Београду где је завршила основну и средњу школу. 1998 године уписала је Шумарски факултет који је 2007. године завршила одбраном дипломског рада на под насловом *Технике орезивања лишћарског дрвећа* са оценом 10,0 и просечном оценом на основним студијама 8,0. Мастер академске студије на Одсеку за Пејзажну архитектуру и хортикултуру на модулу за Пејзажни инжењеринг уписала је 2008. године. Дипломирала је 2010. одбраном дипломског мастер рада под називом *Управљање реконструисаним дрворедима узег центра Београда*, са просечном оценом 10,0. Докторске студије на Шумарском факултету, модул Пејзажна архитектура и хортикултура, уписала је 2010. године. Тему докторске дисертације под називом *Карактеристике урбаних земљишта Београда и њихов значај за животну средину* пријавила је 2019. године.

Маст инж. Мирјана Тешић од 2007. до 2010. године била је ангажована као студент демонстратор на Катедри за Пејзажни инжењеринг, Одсека за пејзажну архитектуру и хортикултуру, Шумарског факултета Универзитета у Београду. У периоду од 2010. до 2018. радила је као сарадник у настави и асистент на Катедри за Пејзажни инжењеринг. Звање истраживач-сарадник стекла је 2018. године. Од 2018. ради као сарадник у високом образовању на Катедри Пејзажни инжењеринг. Током рада на факултету учествовала је у извођењу наставе на предметима Подизање и неговање зелених површина, (обавезни предмети на IV-ој години основних академских студија), Педологија (обавезни предмет на I-ој години основних академских студија), Заштита животне средине у ПАХ и Урбана екологија (обавезни предмети на II-ој години основних студија), Зелене површине посебне намене (изборни предмет на IV-ој години основних студија), као и на мастер академским студијама на Модулу за Пејзажни инжењеринг на предметима Управљање зеленилом града и Рекултивација оштећених земљишта у ПА.

Маст. инж. Мирјана Тешић је током рада на факултету учествовала у преко 20 комисија за одбрану дипломских радова, а као аутор и коаутор маст. инж. Мирјана Тешић објавила је 45 радова у земљи и иностранству.

Удата је, мајка је две девојчице.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: **Мирјана Тешић**

Број индекса: **2010/04**

Изјављујем

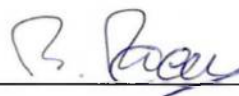
да је докторска дисертација под насловом

Карактеристике урбаних земљишта Београда и њихов значај за животну средину

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, 10.05.2021.



**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије
докторског рада**

Име и презиме аутора: **Мирјана Тешић**

Број индекса: **2010/04**

Студијски програм: **Пејзажна архитектура и хортикултура**

Наслов рада: **Карактеристике урбаних земљишта Београда и њихов значај за
животну средину**

Ментори: **др Надежда Стојановић, доцент и**

Проф. др Милан Кнежевић, редовни професор у пензији

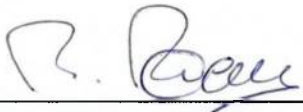
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, 10.05.2021.



Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Карактеристике урбаних земљишта Београда и њихов значај за животну средину

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

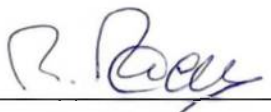
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, 10.05.2021.



1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.