

**„МОРФОЛОШКО - АНАТОМСКЕ И ФИЗИОЛОШКЕ ПРОМЕНЕ
НА ДРВЕНАСТИМ ВРСТАМА
У ПАРКОВИМА БЕОГРАДА
КАО ИНДИКАТОР СТАЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ“**

2014-2016

Наручилац пројекта:

**Град Београд - Градска управа града Београда -
Секретаријат за заштиту животне средине**

Извршилац пројекта:

Институт за шумарство, Београд

❖ **ЖИВОТНА СРЕДИНА** - Смањење степена загађености, посебно у градској средини, је један од приоритета у оквиру Стратегије заштите животне средине.

- ▲ **Циљ:** - да се препознају **узроци** (поједини загађивачи)
 - прате **промене:** - индивидуа: - морфолошке (промене боје, димензија, изгледа и облика)
 - физиолошке (промене метаболизма, раста, развоја, размножавања)
 - промене здравственог стања (фитопатолошка и ентомолошка оштећења)
 - популација (биодиверзитет)
 - екосистема (одрживост)
 - смање **последице** негативног утицаја на животну средину
- ▲ **Метод: МОНИТОРИНГ** - систем активности просторног и временског праћења и контроле:
 - стања животне средине (атмосфера, хидросфера, литосфера)
 - континуално мерење (свакодневно, месечно, годишње, периодично)
 - на више контролних тачака или објеката, фиксних или променљивих
 - уз помоћ одговарајућих мерних инструмената
 - прављење модела једног интегрисаног стања, кроз валоризацију или индексе вредновања
 - на основу индикатора (квантитативни и квалитативни карактери)
 - физички (метеоролошки)
 - хемијски (емисија и имисија загађивача)
 - биолошки (**БИОМОНИТОРИНГ**: микроорганизми, **биљке**, животиње)

Адаптација биљака - У периоду суше, покрећу се механизми за одржавање хидратације, међу којима је најважнији **регулација отварања и затварања стома**. Биљке попуштају притиску стреса и долази до дефолијације, сушења и опадања листа, као првих видљивих показатеља.

Поред тога, долази до **редукције фотосинтезе**, чиме се успорава раст и развој биљака (обилност цветања, виталност полена, принос и виталност плодова и семена).

Када се на биљци уоче макро промене, микро промене које нису биле видљиве већ су нарушиле природну равнотежу, биљке су у дисбалансу и постају неотпорне и осетљиве за нападе било које врсте.

Пројекат

„ МОРФОЛОШКО - АНАТОМСКЕ И ФИЗИОЛОШКЕ ПРОМЕНЕ НА ДРВЕНАСТИМ ВРСТАМА У ПАРКОВИМА БЕОГРАДА КАО ИНДИКАТОР СТАЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ“

Циљ пројекта

- **стање** одабраних зелених површина – паркова, врста, стабала
 - **анализа** свих релевантних параметара
 - индивидуалних
 - срединских
 - синергистичких
 - који карактеришу **здравствено стање и свеукупну виталност** и утичу на
 - **адаптивност** дрвенастих врста у условима градске средине



МЕТОДОЛОГИЈА - активности

- ❖ Припрема
 - Преглед литературе о проблематици и објектима истраживања
- ❖ Еколошки услови
 - **клима**, рељеф, геолошка подлога, земљиште, станиште, вегетација
- ❖ Теренске активности
 - Одабир објеката истраживања
 - паркови
 - врсте
 - стабла
 - Узимање података на терену (**сва стабла**: детерминација врста, положај стабала, таксациони премер, здравствено стање, оцена стабала)
 - Израда скица и карата, **јединствене мапе** (ниво града) и **посебних мапа** (ниво појединачних паркова)
 - Узорковање материјала за лабораторијске анализе (педолошки супстрат, биљни делови)
- ❖ Лабораторијске активности
 - ❖ Педолошка анализа
 - ❖ Здравствено стање (фитопатолошка и ентомолошка оштећења)
 - ❖ Морфолошке, анатомске и физиолошке анализе - одабрана стабла:
 - Морфолошка анализа листа (четина)
 - Анатомска анализа - стоме листа (четина)
 - Физиолошка анализа:
 - ✓ Особине полена
 - ✓ Минерални састав и присуство тешких метала у листу (четинама)
 - ✓ Фотосинтетичка активност
 - Анализа уroda и семена
- ❖ Обрада резултата (статистичка обрада на нивоу године, парка, врсте, стабла)
- ❖ Загађеност ваздуха (садржај SO₂)
- ❖ Закључци
 - валоризација паркова и врста у односу на степен и облик угрожености
 - предлог мера
- ❖ Презентација пројекта

❖ ЕКОЛОШКИ УСЛОВИ (клима, земљиште, геолошка подлога, рељеф, станиште, вегетација)

Подручје Београда карактерише умерено континентална клима, повољна за вегетацију.

- средња годишња температура: **12,3 °C**
- укупна годишња количина падавина: **610 - 730 mm**

Тенденција увећања средњих сезонских и годишњих температура ваздуха (1949 - 2014, РХЗС за метеоролошку станицу Београд (Опсерваторија):

- у првој деценији XX века била је 11,3 °C,
- у последњих 10 година она износи 13,5 °C.

Средња годишња температура ваздуха у **2015.** од **14,2 °C** је друга највећа вредност од почетка рада метеоролошке станице 1888. године.

Регистровано је **34 тропска дана** више од просечних вредности за период 1961-1990. година) и **40 тропских ноћи** више од просека за исти период).

Средње месечне и годишње температуре ваздуха (°C) у Београду (2015)

Јан.	Феб.	Март	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.	Год.
4,0	4,1	8,2	13,5	19,0	21,9	26,7	26,0	19,9	12,3	9,2	4,3	14,2

црвено: екстремно топло; жуто: веома топло; љубичасто - топло; плаво: нормално

Клима централне градске зоне Београда се разликује од климе околних подручја, јер је локално модификована, услед утицаја различитих чинилаца градске средине:

- пораст температуре
- опадање ваздушног притиска и релативне влажности ваздуха
- промене смера кретања ветрова
- облачност, магла и падавине већи су у централним, зонама града

❖ Објекат истраживања - ПАРКОВИ, ВРСТЕ, СТАБЛА

ПАРКОВИ су важан ресурс једног урбаног, одрживог развоја у смислу побољшања стања животне средине, у комплексу еколошких фактора, кроз међусобни утицај биљка/човек.

• Основне функције паркова:

- здравствена
- рекреативна
- естетска
- едукативна
- очувања биодиверзитета (нарочито ако су у форми ботаничке баште или арборетума)

• Услови за развој биљака у парковима су

- са једне стране **повољнији**, захваљујући мерама неге (прихранивање супстрата, здравствена заштита: санитарне мере)
- са друге стране **неповољнији**, јер су биљке изложене модификованој градској клими и већем утицају загађења (гушћи саобраћај, више система за грејање)



Анализирани паркови - претпоставка је била да се одабрани паркови у различитим деловима града налазе у условима различитог степена загађености, што може да има утицаја на морфолошко - анатомске и физиолошке промене на дрвенастим врстама у њима.

Паркови у центру града:

- ★ **Пионирски парк** (површина 3,02 ha)
- ★ **Академски („Студентски“) парк** (1,45 ha)

Паркови у супротним рубним деловима централне градске зоне:

- ★ **Велики парк на Бановом Брду** (Пожешка улица) (10,9 ha)
- ★ **Парк око палате „Србија“** на Новом Београду - **СИВ**

Парк у подручју парк шуме

- ★ **Топчидерски парк** (13,0 ha).



▲ Паркови, врсте, стабла

- Одабрани су **паркови** (Пионирски, Акладемски, Баново брдо, СИВ, Топчидер), према положају.
- **Врсте** су одабране према заступљености (лишћарске, четинарске, аутохтоне, алохтоне)
Одабране су и **поједине врсте** (хималајски кедар, пауловнија) које нису довољно заступљене у парковима Београда, а које својом лепотом, декоративношћу, добрим растом и развојем пружају посебан естетски доживљај и могу значајно да побољшају биодиверзитет паркова.
- Број одабраних **стабала** једне врсте се разликује и укупно (1-15) и од парка до парка, што је зависило од њихове заступљености у парку (идејни и извођачки пројекат).
- На одабраним стаблима су спроведене све планиране **теренске и лабораторијске анализе** (у зависности од могућности узорковања, биологије врсте: периодичитета тј. квантитета и квалитета цветања и плодоношења).

Структура одабраних

паркова (5)

и врста (24)

у односу на укупан број
одабраних стабала (140)

је различита

и у случају

лишћарских врста (12 врста, 63 стабла)

и у случају

четинарских врста (12 врста, 77 стабала).



*Проценат анализираних одабраних стабала
по парковима (лишћарске и четинарске врсте)*

▲ Паркови, врсте, стабла

Листопадне врсте



Четинарске врсте



Процент анализираних одабраних стабала **по парковима**, листопадне, четинарске врсте

Листопадне врсте

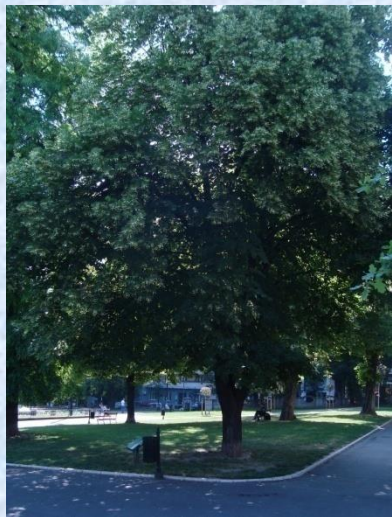
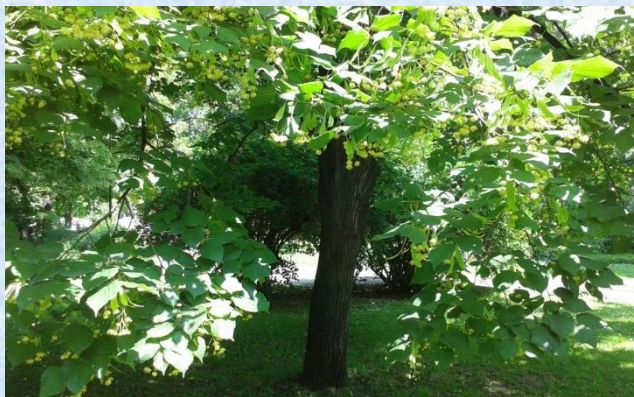


Четинарске врсте



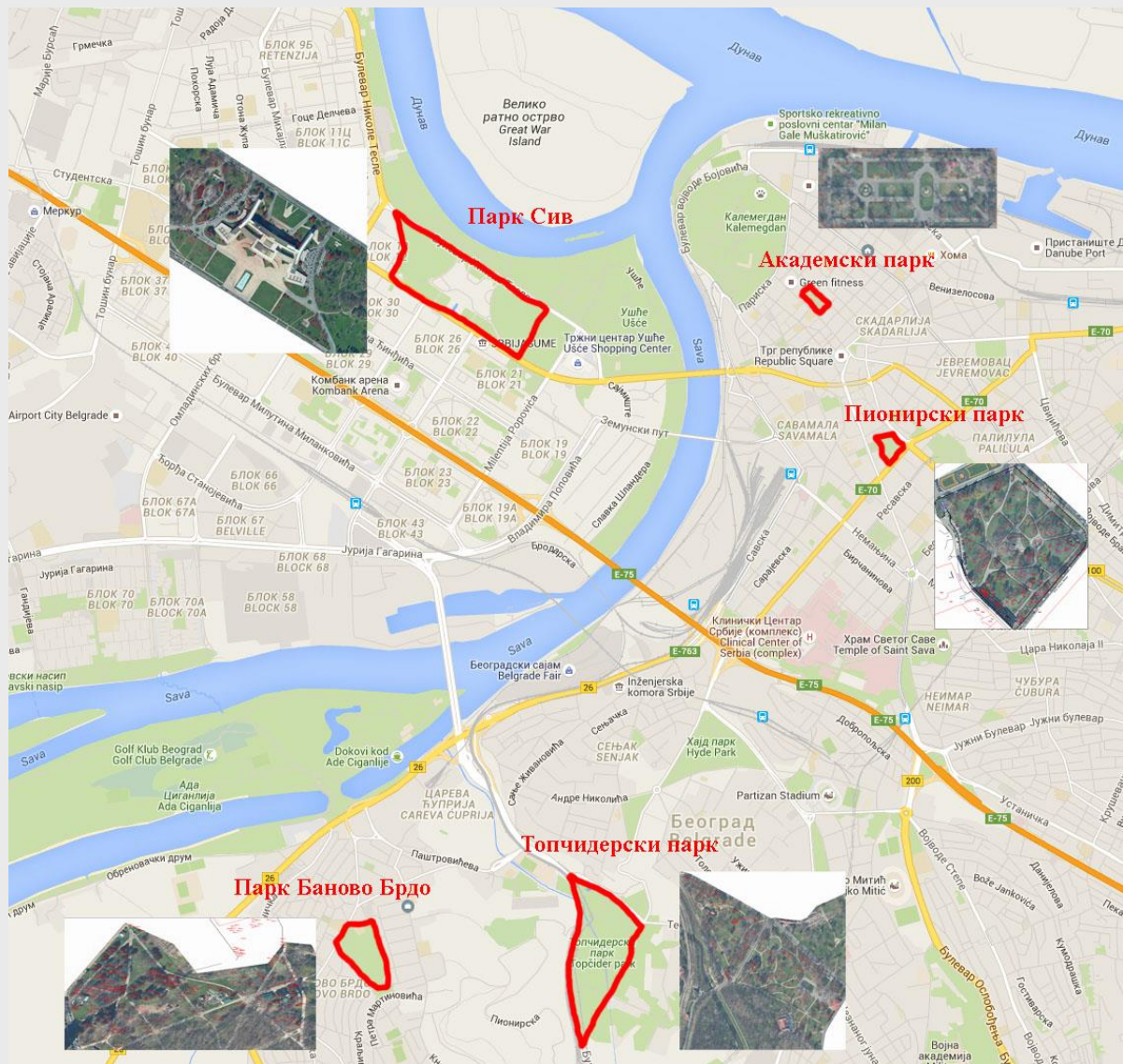
Процент анализираних одабраних стабала **по врстама**, листопадне, четинарске врсте

Паркови, врсте, стабла



▲ ИЗРАДА СКИЦА И КАРТА - анализирани паркови – положај

Изrada јединствене карте на нивоу града са позицијом одабраних локалитета и појединачних карата на нивоу одабраних локалитета са маркираним објектима истраживања (стабла).



✧ ИЗРАДА СКИЦА И КАРТА - анализирана стабла – положај

Пионирски парк

Оцењено укупно (детерминација
врста, положај стабала,
таксациони премер, здравствено
стање, оцена стабала):

стабала – 255

врста – 52

врста лишћара – 40

стабала - 157

врста четинара – 12

стабала - 98

Анализирана (лабораторијски) -
одабрана стабла:

стабала – 37

врста – 24

врста лишћара – 12

стабала - 15

врста четинара – 12

стабала - 23



✧ ИЗРАДА СКИЦА И КАРТА - анализирана стабла – положај

Академски парк

Оцењено укупно (детерминација
врста, положај стабала, таксациони
премер, здравствено стање, оцена
стабала):

стабала – 131

врста – 24

врста лишћара – 19

стабала - 111

врста четинара – 5

стабала – 20

Анализирана (лабораторијски) -
одабрана стабла:

стабала – 15

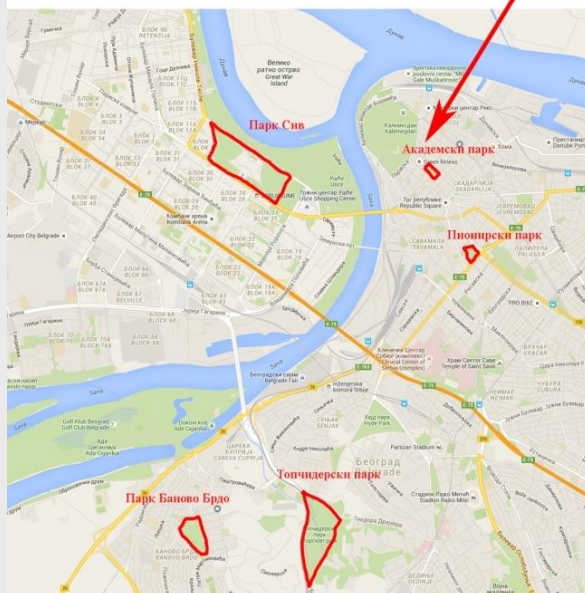
врста – 8

врста лишћара – 6

стабала - 11

врста четинара – 2

стабала - 4



▲ ИЗРАДА СКИЦА И КАРАТА - анализирана стабла – положај

Баново брдо – парк

Оцењено укупно (детерминација
врста, положај стабала, таксациони
премер, здравствено стање, оцена
стабала):

стабала – 358

врста – 50

врста лишћара – 36

стабала - 172

врста четинара – 14

стабала – 166

Анализирана (лабораторијски) -
одабрана стабла:

стабала – 29

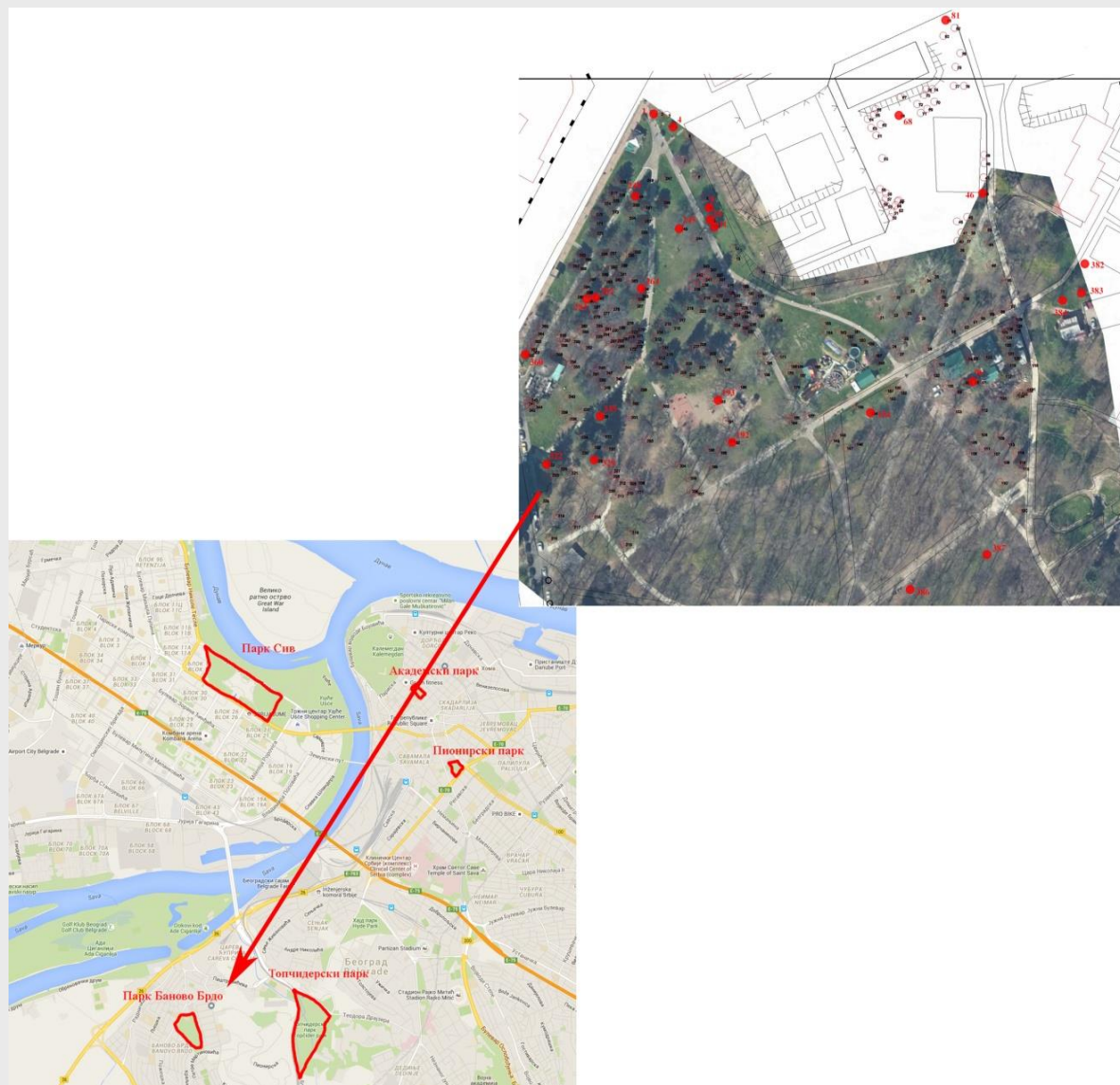
врста – 12

врста лишћара – 4

стабала - 10

врста четинара – 8

стабала - 19



▲ ИЗРАДА СКИЦА И КАРАТА - анализирана стабла – положај

Парк око Палате Србија - СИВ

Оцењено укупно (детерминација врста, положај стабала, таксациони премер, здравствено стање, оцена стабала):

стабала – 699

врста – 70

врста лишћара – 50

стабала - 423

врста четинара – 20

стабала – 276

Анализирана (лабораторијски) - одабрана стабла:

стабала – 39

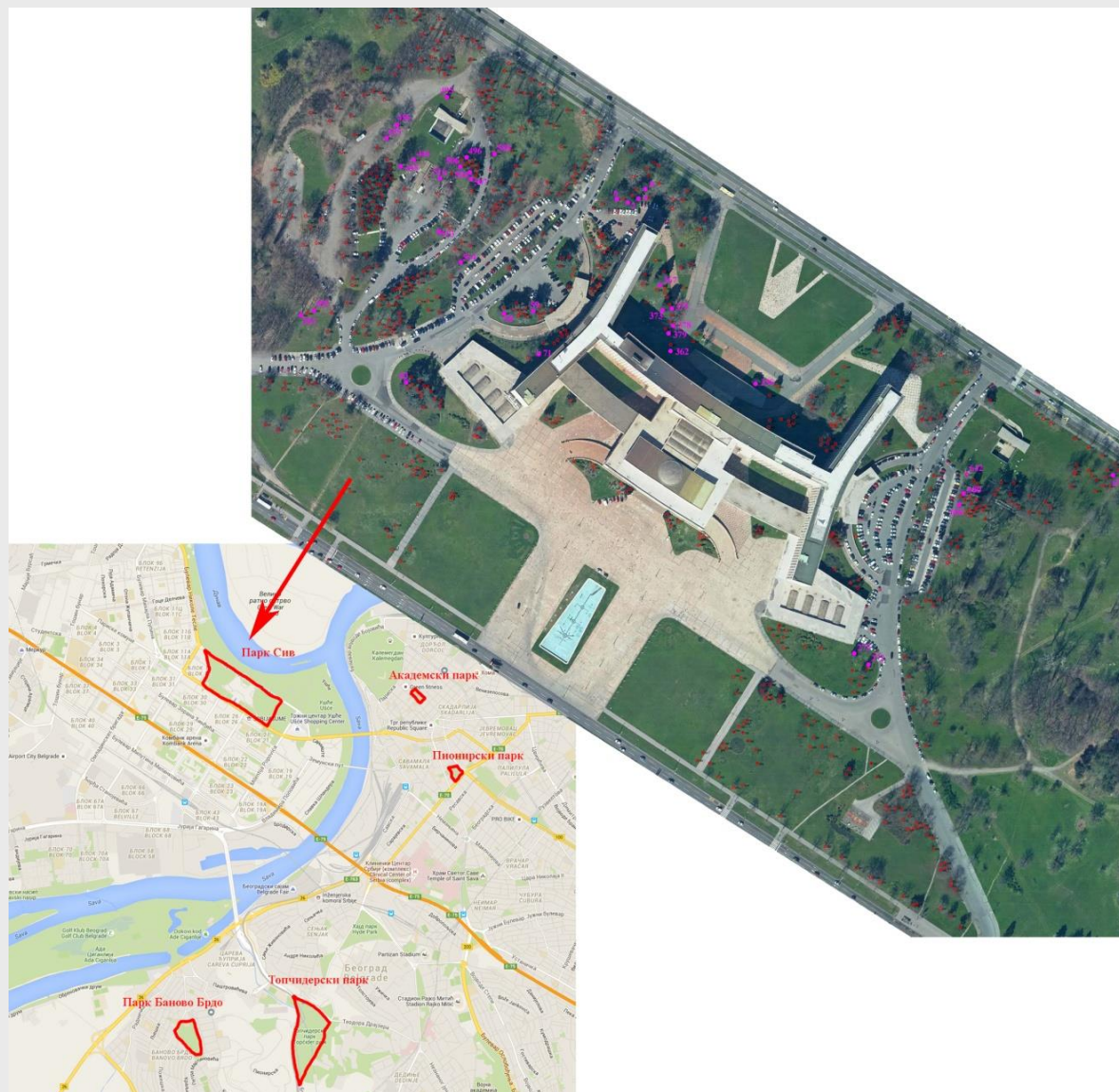
врста – 13

врста лишћара – 7

стабала - 16

врста четинара – 6

стабала – 23



✧ ИЗРАДА СКИЦА И КАРАТА - анализирана стабла – положај

Топчидерски парк

Оцењено укупно (детерминација
врста, положај стабала, таксациони
премер, здравствено стање, оцена
стабала):

стабала – 590

врста – 61

врста лишћара – 47

стабала - 462

врста четинара – 14

стабала – 128

Анализирана (лабораторијски) -
одабрана стабла:

стабала – 20

врста – 8

врста лишћара – 5

стабала - 11

врста четинара – 3

стабала - 9



❖ ПЕДОЛОШКА АНАЛИЗА - анализа физичких и хемијских особина земљишта

За разлику од природних екосистема, у парковима је кружење хранљивих материја прекинуто.

Уклањањем лисне масе - лисног опада и покошене траве, уклања се и највећи део биљних асимилатива које су биљке усвојиле из земљишта, који се надокнађују редовним мерама неге паркова - прихрањивањем.

У циљу сагледавања основних својстава земљишта, од којих зависи исхрана парковских врста дрвећа у 5 одабраних паркова (Пионирски, Академски, Баново брдо, СИВ, Топчидер) узети су узорци земљишта за лабораторијске анализе.

Узорковање је обављено сондом за узорковање земљишта типа „Eijkelkamp“, са две дубине:

0 - 20 cm и

20 - 40 cm.

У узорцима земљишта, после сушења до ваздушно сувог стања и просејавања кроз сито од 2 mm, урађене су следеће лабораторијске анализе:

- **Механички састав** методом седиментације уз примену Na-пирофосфата као пептизационог средства (Рацз, 1971) .
- **Активна и супституциона киселост** потенциометријски у H_2O , KCl.
- **Садржај органског угљеника** (укупног хумуса) методом по Тјурину.
- **Садржај укупног азота** методом по Кјелдаху (Џамић и сар., 1996).
- **Однос угљеника и азота**, рачунски.
- **Садржај биљкама лако приступачних облика фосфора**
AL-методом по Egner-Rihm-у, уз коришћење колориметријске технике одређивања (Џамић и сар., 1996).
- **Садржај биљкама лако приступачних облика калијума**
AL-методом по Egner-Rihm-у, уз коришћење пламенфотометријске технике одређивања (Џамић и сар., 1996).
- Код алкалних узорака ($pH > 7$) **одређивање количине слободних карбоната** изражених као $CaCO_3$ (Џамић и сар., 1996).
- Код киселих узорака ($pH < 7$) **одређивање хидролитичке киселости** и суме адсорбованих базних катјона и степена засићености адсорптивног комплекса базама методом по Карпен-у (Живковић, 1966).



Узорковање педолошког супстрата (СИВ)

▲ Педолошка анализа - резултати

Анализирана земљишта у одабраним парковима
(Пионирски, Академски, Баново брдо, СИВ, Топчидер) су:

- по физичким својствима иловастог текстурног састава
- по хемијским особинама се разликују
- обезбеђеност биљака приступачним асимилативима је задовољавајућа
- анализирана земљишта су под јаким антропогеним утицајем
- редовним мерама неге и прихране обезбеђен је довољан садржај хранљивих материја у земљишту

Текстурни састав ситне земље земљишта у Пионирском парку

Лрб	Дубина	Крупан песак	Ситан песак	Прах	Глина	Укупан песак	Укупна глина	Текстурна класа
	cm	%	%	%	%	%	%	
45	0-20	2.40	41.10	31.70	24.80	43.50	56.50	Иловача
46	20-40	2.80	41.70	30.30	25.20	44.50	55.50	Иловача

Хемијска својства земљишта у Пионирском парку

Лрб	дубина	рН		CaCO ₃	Адсорптивни комплекс					Укупни		C/N	Приступачни	
		H ₂ O	KCl		T	S	T-S	V	Y1	Хумус	N		P ₂ O ₅	K ₂ O
	cm			%	ekv.m.mol/100g		%	cm3	%	%	mg/100g			
45	0-20	8.04	7.21	8.55	-	-	-	-	-	2.75	0.15	10.53	38.09	24.85
46	20-40	8.08	7.15	11.85	-	-	-	-	-	2.51	0.07	19.49	41.56	20.79

❖ **ЗДРАВСТВЕНО СТАЊЕ - фитопатолошка и ентомолошка оштећења**

Промене еколошких услова животне средине имају негативни утицај на физиолошку активност биљака.

Услед смањивања физиолошке отпорности биљне врсте су подложније нападу штетних инсеката, гриња и фитопатогених гљива, што доводи до погоршања њиховог општег здравственог стања.

Оштећења могу бити различита и у великом броју случајева су:

- **специфична** за поједине врсте или групе штетних организама (инсекти, патогене гљиве, гриње)
- **неспецифична** узрокована од више различитих штетних организама.

Последице су:

- дефолијација
 - деколоризација
 - десикација
 - превремено опадање лишћа
 - појава гала, ериноза
 - коврцање
 - хипертрофија пупољака и
 - друге малформације.
- **Синергистичким или симултаним дејством штетних инсеката и инфекција патогеним гљивама, долази до:**
 - заостајања у порасту
 - одумирања избојака
 - повећања провидности крошње
 - пропадања грана и крошњи од врха - „dieback“ тип пропадања итд.

^ Здравствено стање - методологија

- у **5** анализиранх паркова (Пионирски - 230, Академски - 126 , Баново брдо - 349, СИВ - 564, Топчидер - 690)
- укупно је прегледано **1959 стабала** (у оквиру њих **135 одабраних**) стабала дрвенастих врста и
- извршена је **детерминација оштећења**
 - директно на терену или
 - у лабораторији на узорцима лишћа, четина, избојака, некротичног ткива, трулих делова дрвета, као и плодноносних тела гљива трулежница:

Визуелна оцена здравственог стања:

- Оцена 5 – Здравно стабло (без видљивих симптома оштећења лисне масе, дебла и грана или су оштећења занемарљива)
- Оцена 4 – Стабло са мањим повредама (местимична оштећења лисне масе, дебла и грана, присуство мањег процента сувих грана)
- Оцена 3 – Стабло са израженим повредама (присутна оштећења лисне масе, дебла и грана, могућа санација, суховрхост, трулеж дебла и/или грана)
- Оцена 2 – Стабло у одумирању (знатно редукована асимилациона површина, уздапредовала трулеж дебла и грана, опасно по безбедност)
- Оцена 1 – Мртво стабло

Оцењивање дефолијације (Anonymus, 2006; 2010)

- Оцена 0 – нема дефолијације (0 – 10%)
- Оцена 1 – слаба дефолијација (>10 – 25%)
- Оцена 2 – умерена дефолијација (>25 – 60%)
- Оцена 3 – јака дефолијација (>60 – <100%)
- Оцена 4 – суво стабло (100%)

Оцењивање деколоризације (Anonymus, 2006; 2010)

- Оцена 0 – нема деколоризације (0 – 10%)
- Оцена 1 – слаба деколоризација (>10 – 25%)
- Оцена 2 – средња деколоризација (>25 – 60%)
- Оцена 3 – јака деколоризација (>60 – <100%)

Структура анализираних паркова у односу на укупан број прегледаних стабала (1959)



▲ **Здравствено стање** – изоловане чисте културе неких гљива узрочника трулежи дрвета



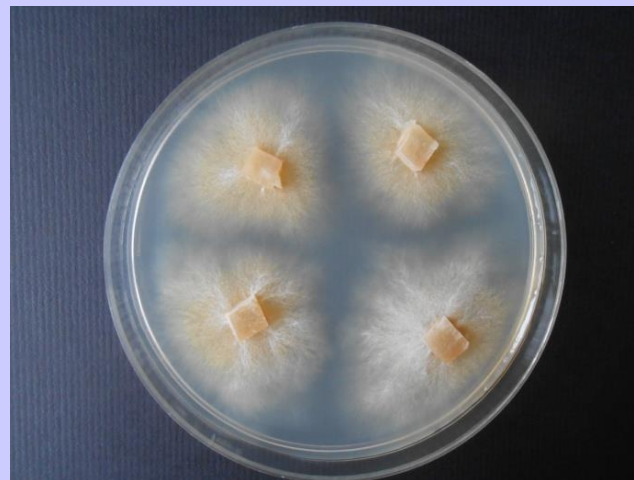
Ganoderma applanatum- чиста култура после 10 дана раста на MEA подлози на дневном светлу, на 22-25°C; домаћин- граб, парк СИВ



Phellinus igniarius- чиста култура после 10 дана раста на MEA подлози на дневном светлу, на 22-25°C; домаћин: врба, парк Топчидер



Laetiporus sulphureus- чиста култура гљиве после 14 дана раста на MEA подлози на дневном светлу, на 22-25°C; домаћин- гледичја, парк Топчидер



Perenniporia fraxinea- чиста култура после 14 дана раста на MEA подлози на дневном светлу, на 22-25°C; домаћин- платан, парк СИВ

▲ Здравствено стање – фитопатолошка и ентомолошка оштећења



Смрча: *Physokermes piceae* - смрчина
лажна штитаста ваш (Пионирски парк)



Липа: *Byctiscus betulae* - липин цигараш
(Академски парк)



Јавор пајавац: *Uncinula aceris* - пепелница
(парк СИВ)



Црни бор: *Sphaeropsis sapinea* -
антрахноза избојака бора (Парк Брдо)



Платан: *Schizophyllum commune*
проузроковач беле трулежи
(Академски парк)



Гледичја: *Laetiporus sulphureus*
узрочник мрке призматичне трулежи
(парк Топчидер)

Здравствено стање – резултати

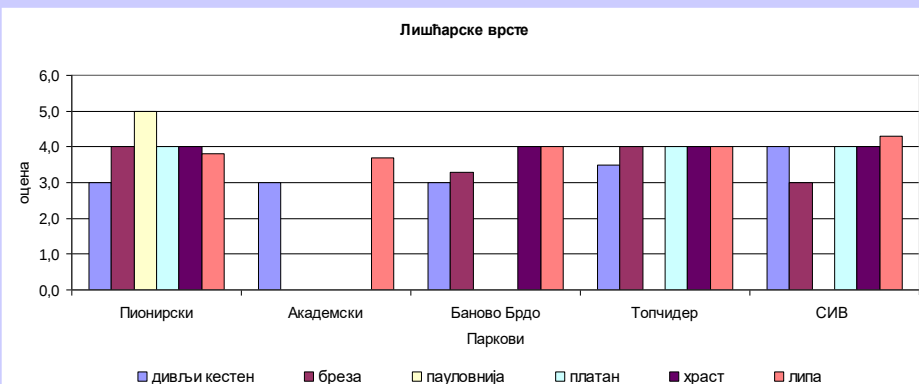
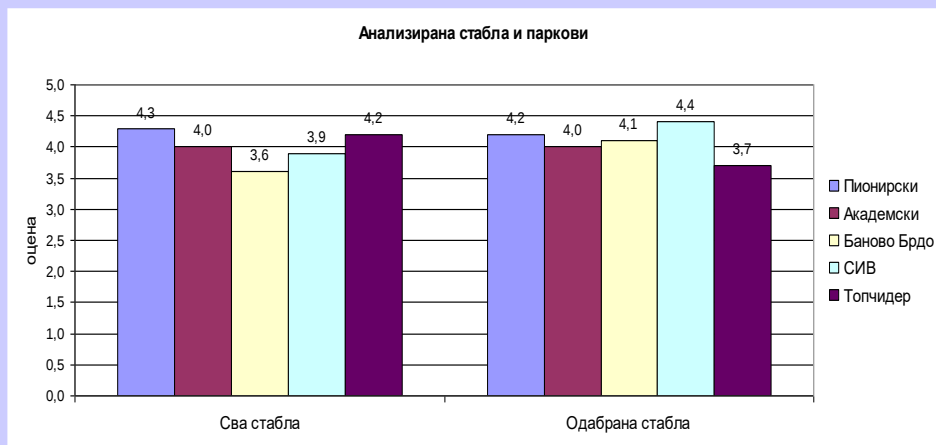
Просечна оцена здравственог стања:
свих прегледаних стабала (укупно 1959):

- Пионирски парк 4,3
- Топчидерски 4,2
- Академски 4,0
- СИВ 3,9
- Баново брдо 3,6

одабраних стабала (укупно 135):

- СИВ 4,4
- Пионирски парк 4,2
- Баново брдо 4,1
- Академски 4,0
- Топчидерски 3,7

Просечна оцена здравственог стања у анализираним парковима



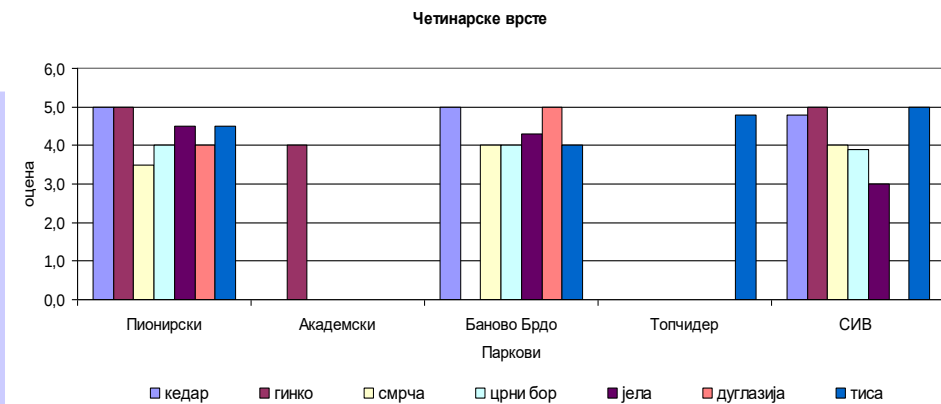
Одабрана стабла

Лишћарске врсте

Пауловнија 5,0
Храст 4,0
Липа 3,9
Бреза 3,6
Кестен 3,3

Четинарске врсте

Гинко 4,7
Кедар 4,7
Дуглазија 4,5
Бор 3,9
Јела 3,9



❖ ЛАБОРАТОРИЈСКЕ МОРФОЛОШКЕ, АНАТОМСКЕ И ФИЗИОЛОШКЕ АНАЛИЗЕ

Морфо – анатомске особине листа/четине су:

једним делом **карактеристика врсте**, због чега се, поред особина цвета и плода, најчешће користи у биљној систематици, а

другим делом су **под утицајем спољашње средине** и представљају физиолошки одговор на промењене спољашње услове (зрачење, клима).

Истраживања у овој области имају апликативан значај:

у биљној **таксономији**, и

у **анализи еколошког утицаја**, односно **адаптивности** врсте на промењене услове (нпр. градске средине у односу на природно станиште).

➤ **МОРФОЛОШКА АНАЛИЗА** листа, четина

Лишћарске врсте (методологија: Blue и Jensen, 1988; Kelleher и сар., 2005)

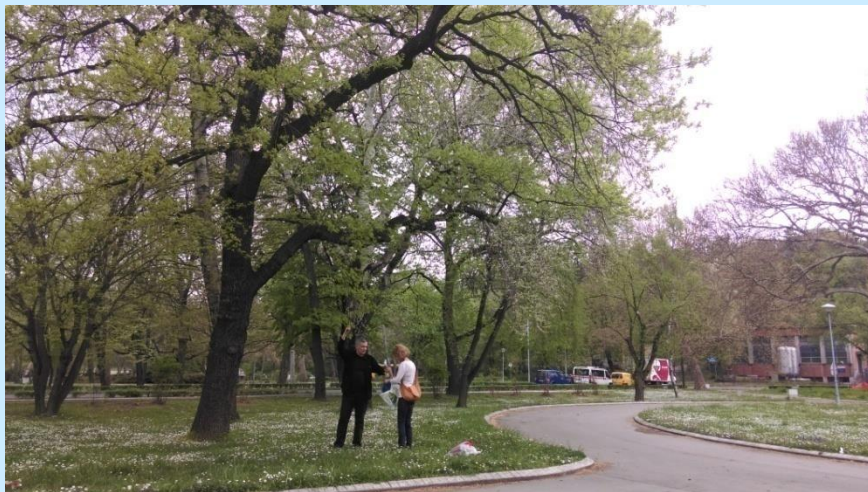
63 стабла x 16 листова (4 листа x 4 експозиције) = 1008 листова x 8 карактера = 8064 података

Четинарске врсте

63 стабла x 16 четина (4 четине x 4 експозиције) = 1008 четина x 6 карактера = 6048 података

- узорковање
- хербаризовање
- скенирање
- мерење (сува маса, површина, обим, дужина, ширина, дужина петелјке, коефицијент облика, специфична површина)
- обрада података (програм STATISTICA, STATGRAPHICS)

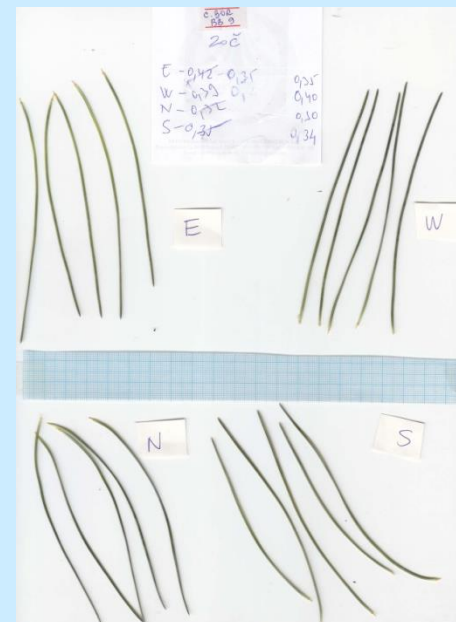
Припрема материјала за морфолошку анализу



Узорковање
листова и
четина



Хербаризован лист



Скениран лист, четине

▲ Морфолошка анализа листа, четина - резултати

Високо оправдане разлике су потврђене између:

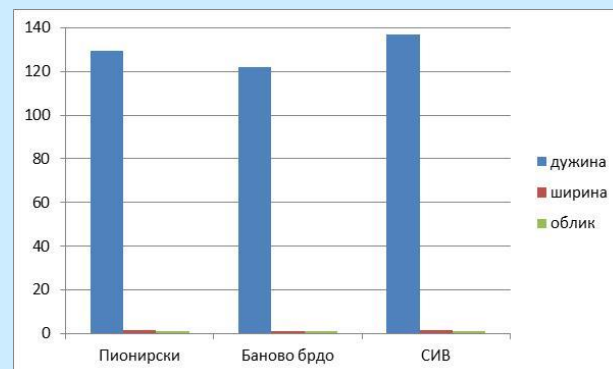
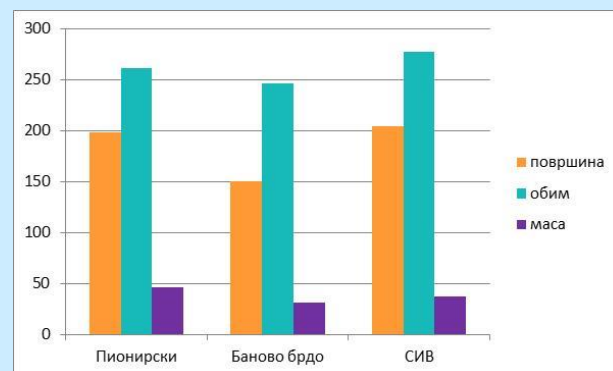
- анализираних паркова
еколошки услови - положај парка - степен загађености утиче на
смањење димензија листа/четина

- анализираних врста (биологија врсте)
- стабала унутар једне врсте (унутарврсна варијабилност)
- интеракција – генотип / средина (парк / врста / стабло)

Резултати анализе варијансе (F - вредности) за морфолошке особине листова анализираних стабала, врста и паркова
(ниво значајности: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; **** $P < 0.0001$)

Анализирани параметри	Извор варијабилности			
	Парк	Врста	Стабло	Лист
Лишћарске врсте				
Сува маса	9.55****	39.31****	2.24****	0.66
Површина	16.80 ****	175.40 ****	8.81 ****	0.61
Обим	3.82 ***	264.06 ****	2.93 ****	0.62 ****
Дужина листа	20.43 ****	229.46 ****	9.73 ****	0.59
Ширина листа	21.50 ****	297.51 ****	5.10 ****	0.59
Дужина петељке	62.55 ****	318.71 ****	6.89 ****	0.73
Специфична површина	24.15 ****	29.50 ****	4.64 ***	0.65
Коефицијент облика	22.31 ****	385.61 ****	7.42 ****	0.92

Морфолошка анализа
четина црног бора –
разлике између паркова



➤ АНАТОМСКА АНАЛИЗА ЛИСТА, ЧЕТИНА - АНАЛИЗА СТОМА

Стоме су мале поре - отвори који регулишу проток гасова (водене паре и CO₂) у листовима, као и биљци у целини. Њихово функционисање зависи подједнако од унутрашњих и спољашњих чинилаца:

- од унутрашњих, на транспирацију пре свега утиче **биљна врста**,
- од спољних чинилаца, највећи утицај имају **светлост, температура, влажност, ваздушни притисак, брзина ветра, загађеност - садржај CO₂ у атмосфери, аерополутанти и др.**

У том смислу анатомске особине биљака су добри **индикатори услова станишта** и користе се у

- **палеореконструкцији**
- као **биоиндикатори** за идентификацију и мониторинг ефеката полутаната и у
- прављењу **модела адаптивности** биљака на глобалне промене екосистема у будућности.

Анализирани параметри:

- густина стома = број стома по јединици површине (број mm⁻²)
- и удаљеност стабла (са ког је узет отисак стома) од осе главне најближе саобраћајнице, као могућег фактора утицаја

• Резултати

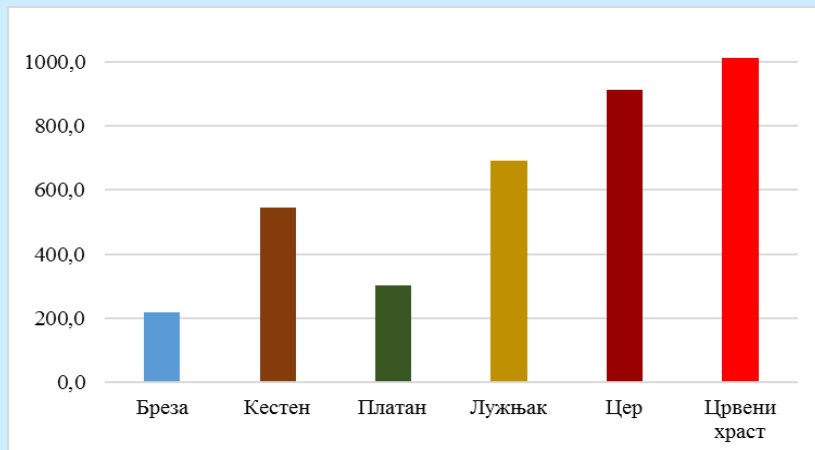
Анализирана стабла и врсте се налазе у парковима под различитим утицајем комплекса фактора:

- ту је пре свега **градска средина и положај парка** у односу на степен загађености, а онда и
- конкретан **положај анализираног стабла** у односу на најближе саобраћајнице, као значајне факторе стреса, на које биљка реагује преко стоматалног апарата.
- такође, значајан је и физиолошки одговор сваког **генотипа** – индивидуе појединачно.

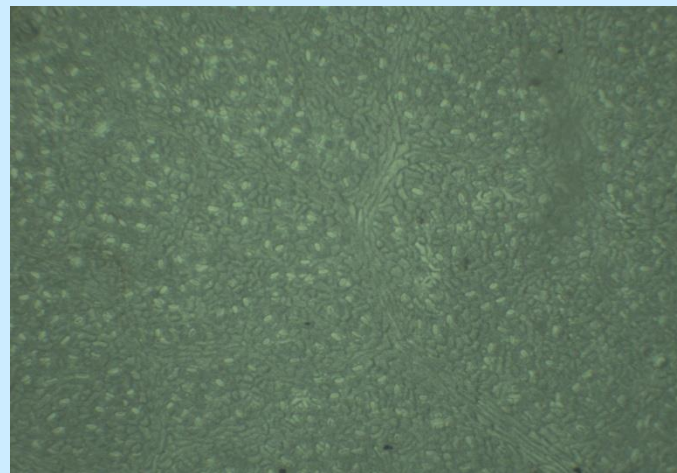
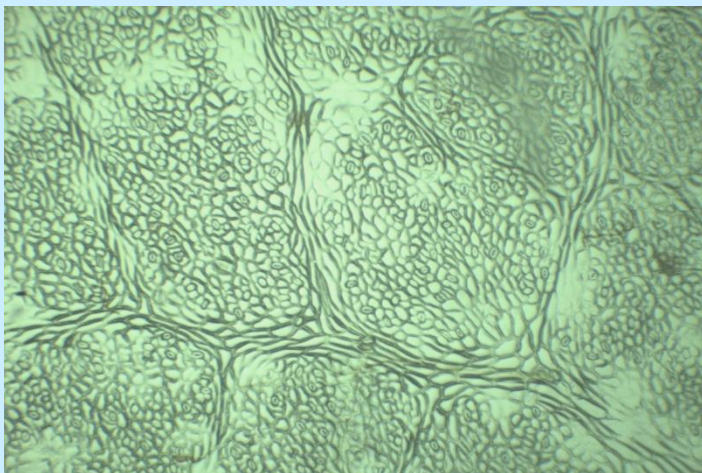
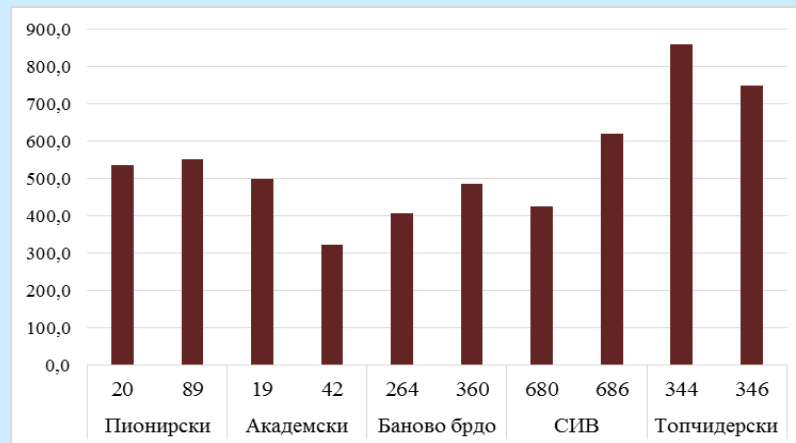
Потврђено је да у условима градске средине (већа загађеност) долази до промене густине стома.

⤴ Анатомска анализа листа – анализа стома лишћарских врста

*Просечна густина стома на листу анализираних лишћарских **врста***



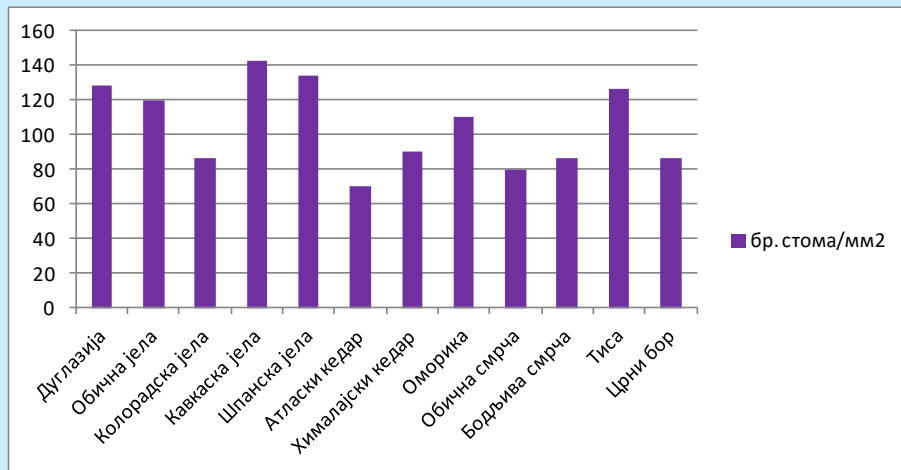
*Густина стома на листу одабраних стабала **кестена** у анализираним парковима*



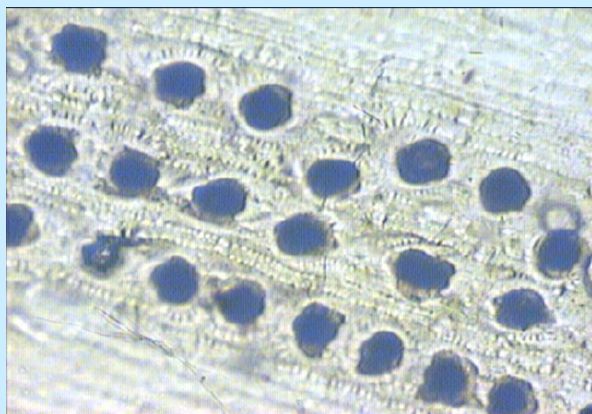
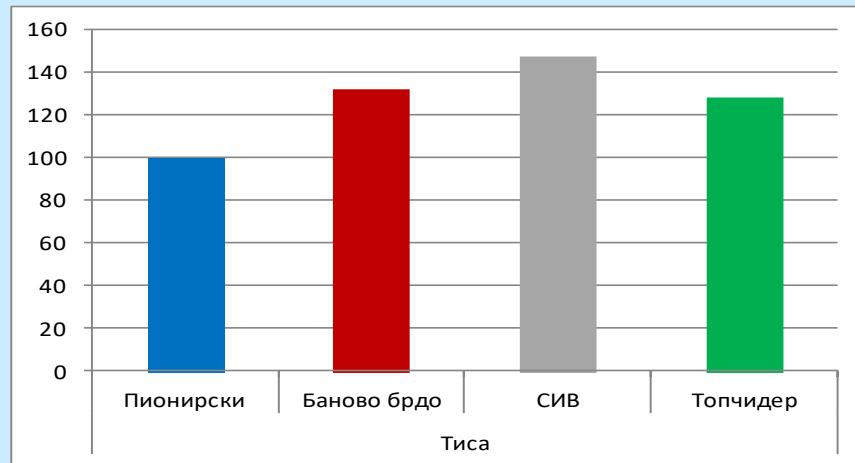
*Густина стома на листу **кестена** у Академском (лево) и Топчидерском парку (десно)*

▲ Анатомска анализа четина – анализа стома четинарских врста

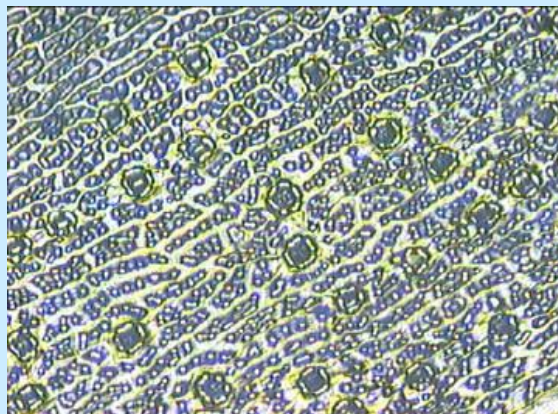
Просечна густина стома на четинама анализираних четинарских врста



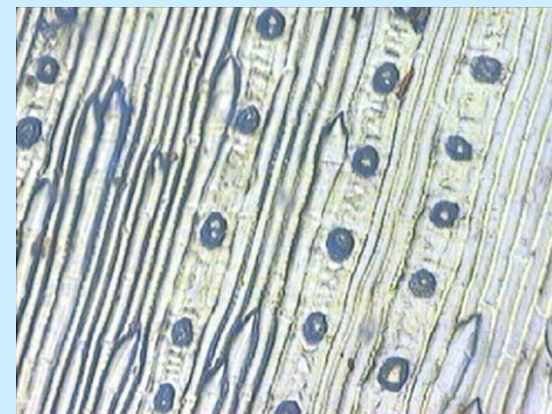
Густина стома на четинама одабраних стабала тисе у анализираним парковима



Стоме оморице



Стоме тисе



Стоме црног бора

➤ АНАЛИЗА ПОЛЕНА

Цветање и продукција полена је

карактеристика **рода и врсте** али је такође и под значајним утицајем

фактора спољашње средине, првенствено температуре и влаге,

и заједно у **интеракцији** омогућавају стварање микроспора (полена = мушке полен ћелије), њихово сазревање и ослобађање из микроспорангија у спољашњу средину, односно прашење, полинацију, оплођење.

Истраживање особина полена има примену у

- биологији (систематици)
- аеробиологији
- палеоботаници
- палинологији
- алергологији
- **анализи стања животне средине коришћењем полена као биоиндикатора.**

▲ Методологија истраживања

Полен је сакупљен 2015, 2016. на два начина у зависности од зрелости цветова (Kirby и Stanley, 1976).

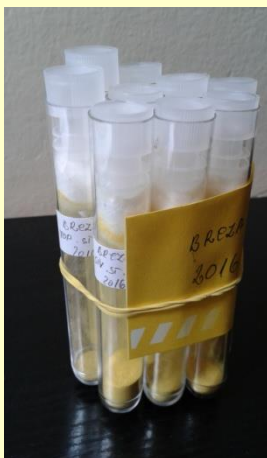
- сакупљање
 - директно на терену непосредно из цветова / микростробила које су у фази прашења
 - индиректно, у лабораторији методом „водених култура“, накнадним дозревањем цветова/микростробила
- чишћење и просејавање
- сушење
- анализа (микроскопска)
 - **морфолошка** (укупан број мерења морфолошке анализе полена лишћара: **11600**, четинара: **4100**)
 - димензије (дужина, ширина)
 - коефицијент облика
 - **физиолошка** (укупан број прегледа физиолошке анализе полена лишћаара: **1044**, четинара: **3000**)
 - клијавост
 - енергија клијања (дужина поленове цеви)

Методологија истраживања

Узорковање на терену



Сазревање и ослобађање полена у лабораторији



Постављање огледа и микроскопирање

▲ **Анализа полена - резултати**

На основу резултата морфо - физиолошке варијабилности полена (димензије, облик, клијавост) закључено је да постоје **значајне разлике између**:

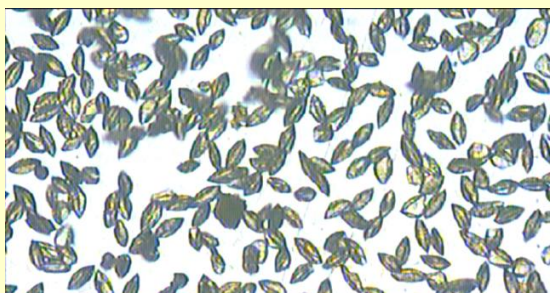
- појединачних **стабала** у оквиру исте врсте (унутарврсна варијабилност), која се, с обзиром да се стабла на једном локалитету налазе и развијају у сличним еколошким условима, може сматрати генетички условљеном,
- највеће разлике су евидентирание између анализираних **врста**,
- констатоване су и разлике и између анализираних **паркова** у оквиру исте врсте,
- такође, потврђене су и разлике између **година** сакупљања полена
- констатовано је да постоји значајна **интеракција** између **генотипа** (анализирана одабрана стабла) и **средине** (анализирани одабрани паркови).

У односу на еколошке услове, првенствено степен загађености, евидентирание су разлике између анализираних паркова, за које се претпоставља да могу да имају значајног утицаја на:

- морфологију полена (смањење димензија полена)
- физиологију полена (смањење виталности - клијавости полена)
- појаву абмормалног полена:
 - полена нетипичних димензија и облика за дату врсту
 - двостраног клијања нетипичног за дату врсту

▲ Анализа полена лишћара - резултати

Гинко



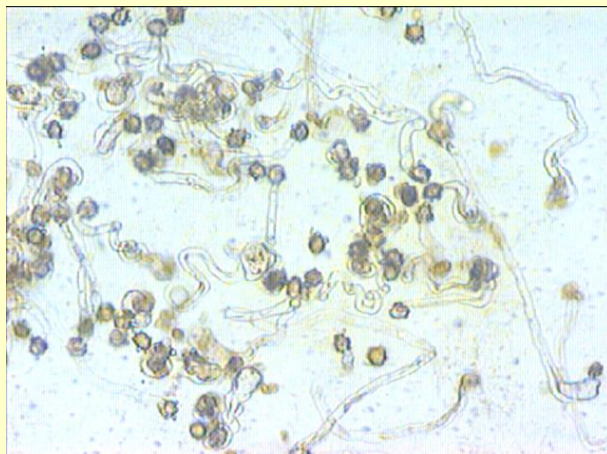
Кестен



Липа



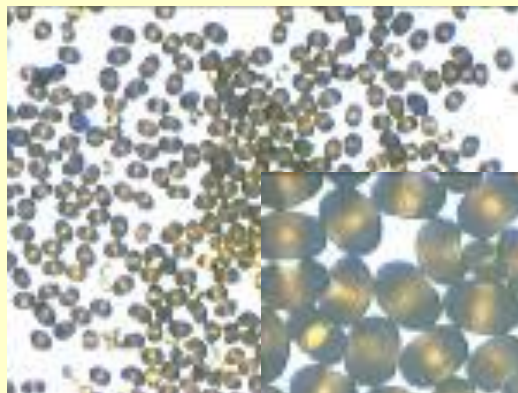
Клијање полена
пауловније



Двострано - абнормално
клијање код платана

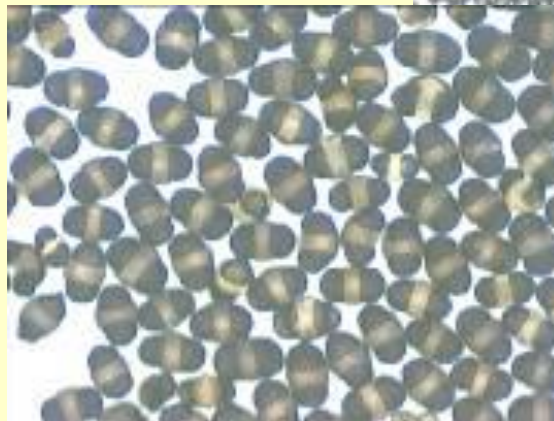
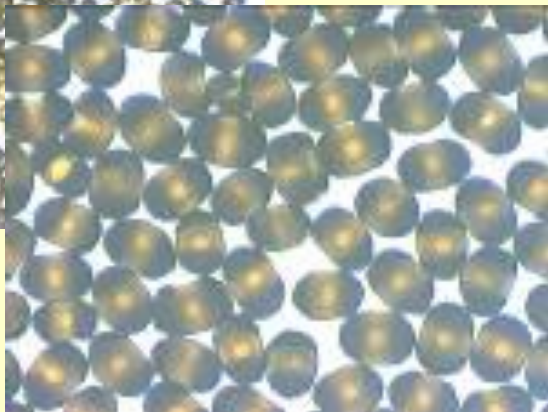
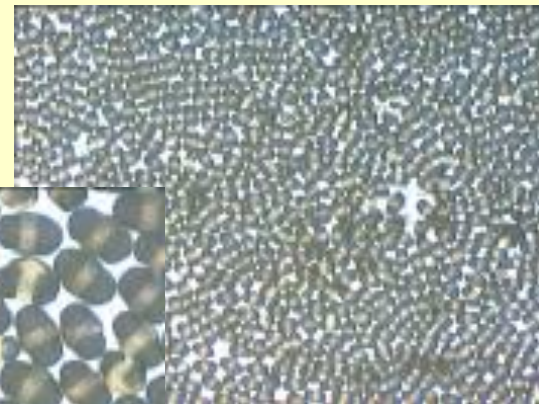


✧ **Анализа полена четинара - резултати**



Атласки кедар

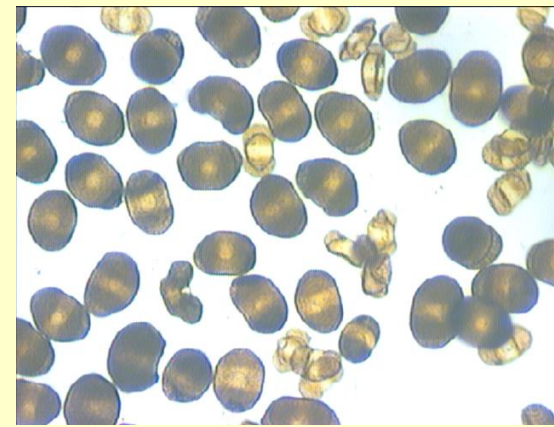
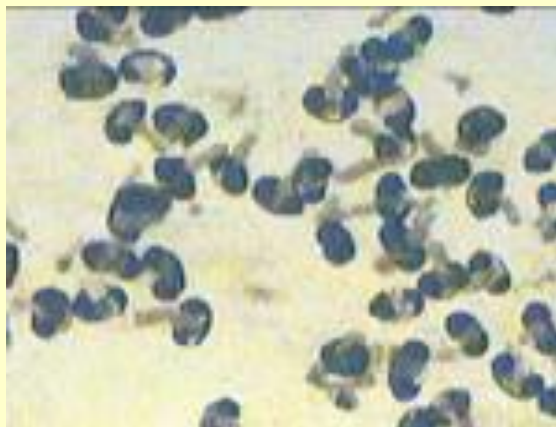
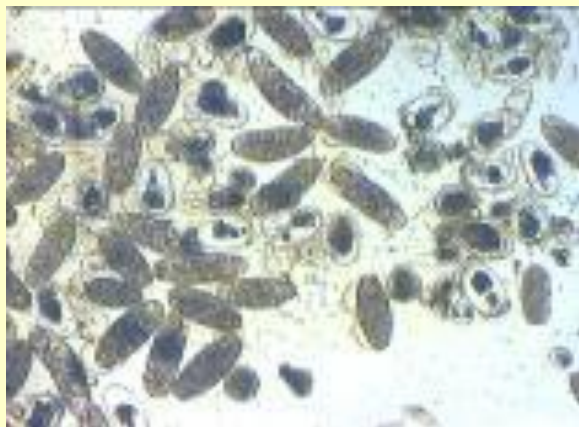
Црни бор



Клијање полена дуглазије

Клијање полена оморице

Ситна абнормална зрна код атласког кедр



➤ АНАЛИЗА ИСХРАНЕ - САДРЖАЈ МАКРО И МИКРО ЕЛЕМЕНАТА И ТЕШКИХ МЕТАЛА

Исхрана дрвећа у парковским условима зависи од

- **расположиве количине** елемената исхране у земљишту,
- и од **услова за усвајање** биљних асимилатива
 - физиолошког стања биљака
 - влажности земљишта и
 - температуре ваздуха.

Од исхране дрвећа зависи њихова виталност, односно отпорност према патогенима, и токсичним материјама градске средине.

• Методологија истраживања (Rautio и сар., 2010)

- узорковање
- сушење 24h на 80 C (Campbell и Plank, 1998)
- мокро сагоревање у микроталасном дигестору (Speedwave MWS-3+ (Berghof) (Senila и сар., 2011)
- очитавање ICP-OES спектрометром (Varian Vista-PRO, CCD Simultaneous ICP-OES) стандардном методологијом (U.S. EPA, 2001)

• Анализирани елементи:

- **макроелементи:** калијум, калцијум, магнезијум, сумпор, фосфор, азот
- **микроелементи:** бакар, цинк, гвожђе, манган, молибден, бор и никал, натријум, селен, алуминијум и кобалт
- **тешки метали:** кадмијум, хром, жива и олово



✓ **Анализа исхране - садржај макро и микро елемената и садржај тешких метала - резултати**

- На основу извршених испитивања концентрације хранљивих материја у асимилационим органима одабраних стабала дрвенастих врста у анализираним парковима Београда може се закључити:

- да је исхрана свих анализираних врста задовољавајућа, што је резултат правилне неге паркова и прихране парковског дрвећа.

- Све анализиране врсте усвојиле су задовољавајуће количине **макро елемената** исхране у свим парковима обухваћеним испитивањем.
У највећем броју случајева
веће концентрације макро елемената су констатоване су у асимилационим органима дрвећа из **Пионирског парка**, а
најмање у асимилационим органима дрвећа из парка **Баново брдо** и парка **СИВ**.
- Исхрана есенцијалним и корисним **микроелементима** у већини случајева је задовољавајућа.
- Ни у једном узорку асимилационих органа испитиваних стабала парковских врста није констатовано присуство **тешких метала** као што су Cd, Cr, Hg и Pb.
- **Значајно би било да се одреди фиторемедијациони потенцијал и толерантност испитиваних врста на тешке метале у урбаној средини, за шта је неопходно извршити детаљнија истраживања.**

➤ **АНАЛИЗА ФОТОСИНТЕТИЧКЕ АКТИВНОСТИ ЛИСТА, ЧЕТИНЕ –**
концентрација фотосинтетичких пигмената - хлорофила

Садржај фотосинтетичких пигмената је поред тога што је индикатор фотосинтетичког стања и продуктивности биљака, и индикатор садржаја аерополутаната и утицаја стреса на њих (Nakala и сар., 2015).

✓ **Резултати - образац варирања садржаја хлорофила се разликовао између лишћарских и четинарских врста, а код неких врста се није могао јасно дефинисати у односу на положај паркова и степен загађености.**

Поредак **лишћарских врста** према концентрацији хлорофила је :

гинко > липа > лужњак > кестен > бреза > платан

а **четинарских врста:**

тиса>кедар атласки>јела обична>црни бор>јела колорадска>оморика>дуглазија>смрча бодљива

Лишћарске врсте:

- значајне разлике између **врста** унутар паркова
- значајне разлике између **стабала** у оквиру врсте

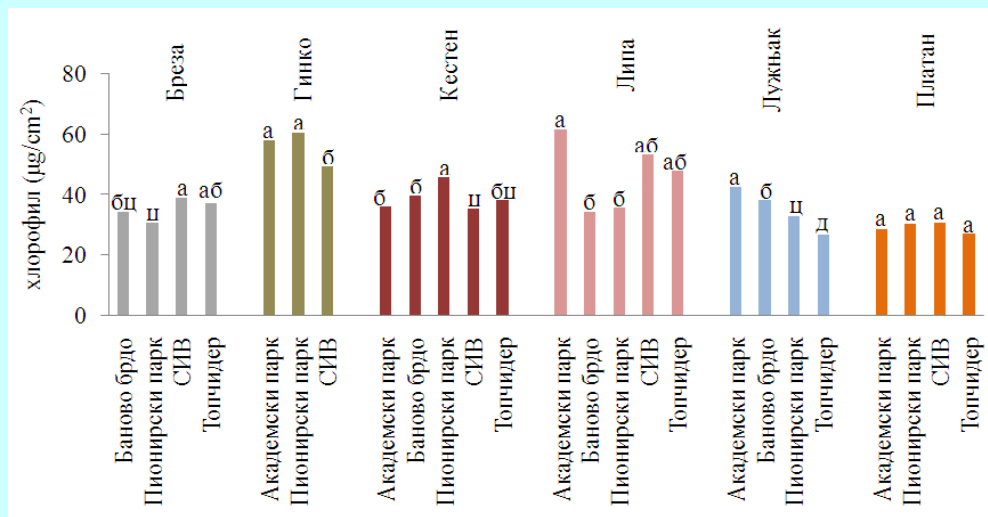
Четинарске врсте:

- значајне разлике између **врста** унутар паркова
- значајне разлике између **паркова** у оквиру врсте
- значајне разлике између **година**

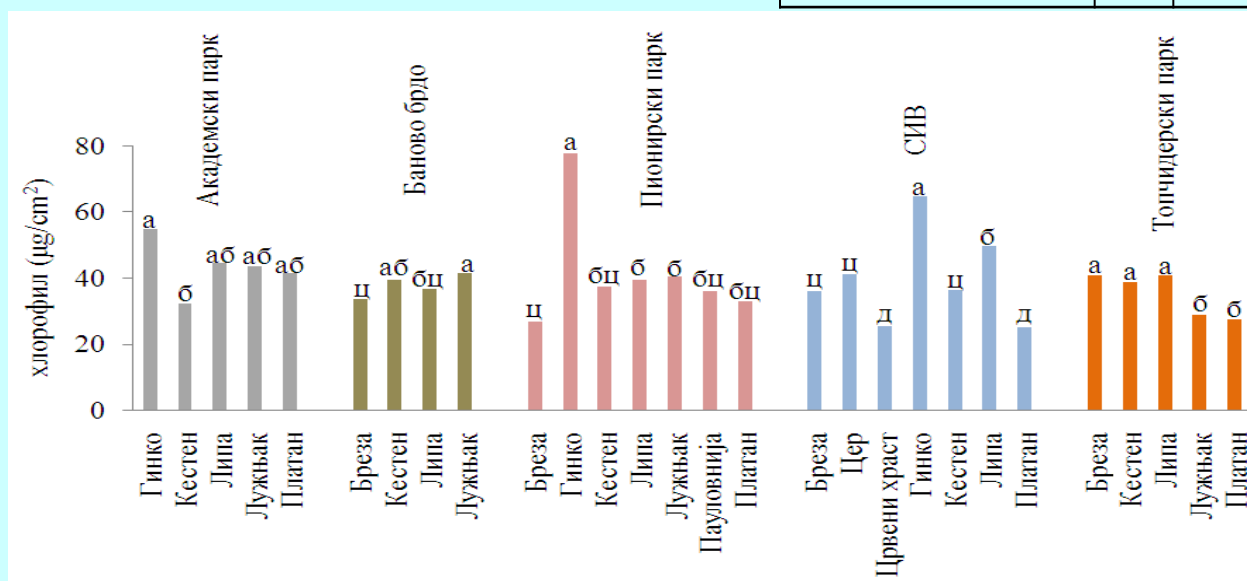
- **интраиндивидуална** разлика листова са различитих страна света једног стабла **није потврђена** ни за лишћарске ни за четинарске врсте

✓ Анализа фотосинтетичке активности – резултати

Средње вредности концентрације хлорофила ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) за **лишћарске врсте** у анализираним парковима за 2015. и резултати анализе варијансе концентрације хлорофила ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) у 2015/2016.

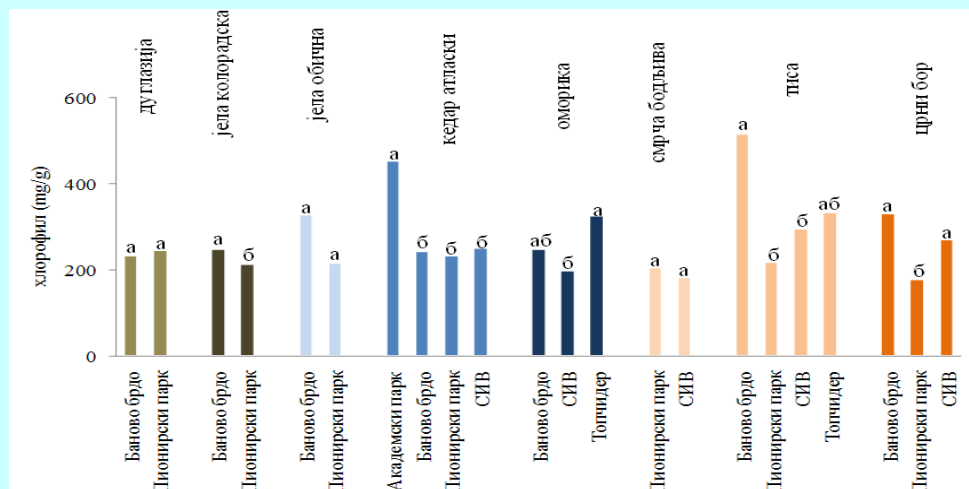


Извор варијабилности	Концентрација хлорофила ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		
	df	MS	F
Година	1	2.31	0.01
Парк (Године)	8	500.53	1.86
Врста (Године Парк)	46	1066.88	3.96****
Стабло (Године Парк Врста)	69	269.68	2.20****
Грешка	375	122.59	

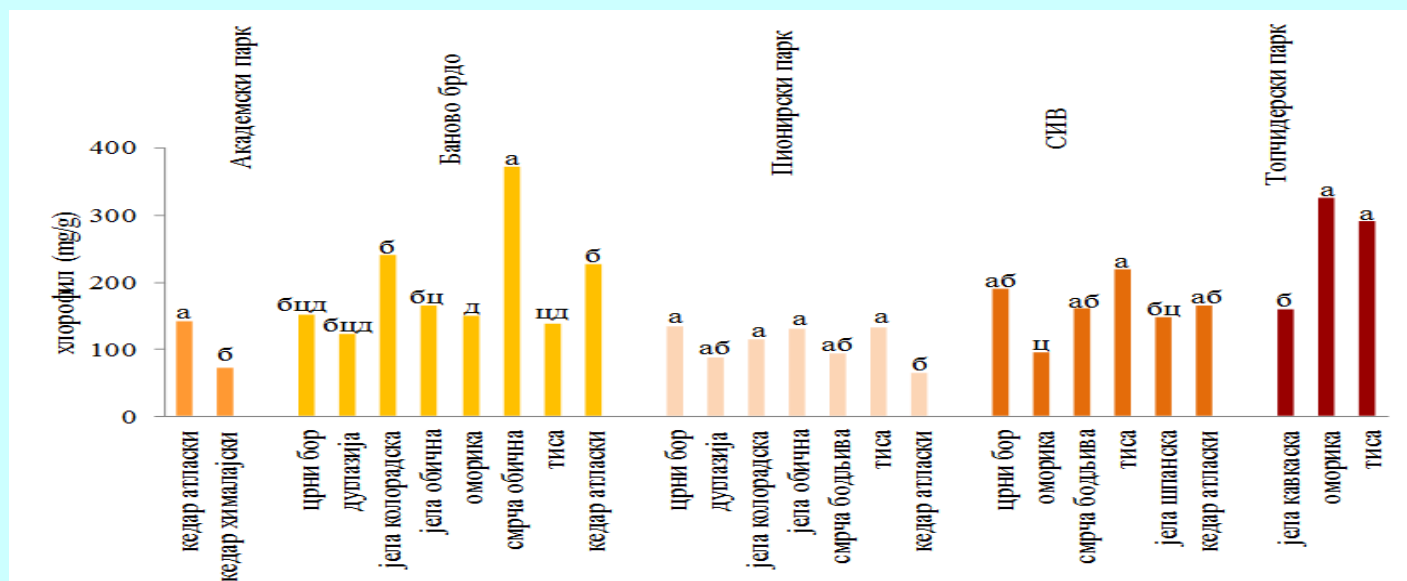


✓ Анализа фотосинтетичке активности – резултати

Средње вредности концентрације хлорофила (mg/g) за **четинарске врсте** у анализираним парковима за 2015. и резултати анализе варијансе концентрације хлорофила (mg/g) у 2015/2016.



Извор варијабилности	Концентрација хлорофила (mg/g)		
	df	MS	F
Година	1	5292.96	26.14****
Парк (Године)	8	274.76	6.26****
Врста (Године Парк)	42	483.50	2.35****
Стабло (Године Парк Врста)	91	208.63	1.46*
Грешка	131	142.83	

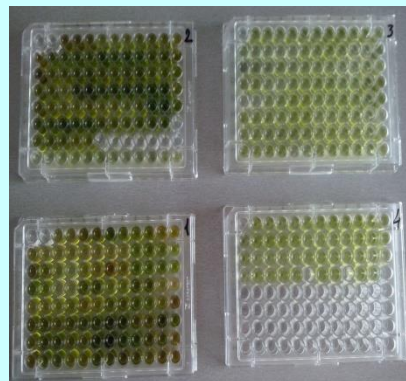


✓ **Анализа фотосинтетичке активности - методологија**

Одређивање вредности хлорофила SPAD 502 портабал хлорофилометром, узимање дела лисног диска за анализу концентрације хлорофила, мерење масе дела сваког листа површине 0,28 cm².



Екстракција хлорофила у органском растварачу DMSO (dimethyl sulfoxide) у лабораторији и читавање на спектрофотометру Multiskan Spectrum v1.2, SkanIt Software 2.2: - пипетирање узорака, - припремљена микроплоча за читавање, - спектрометар за читавање оптичке густине на одређеним фреквенцама



➤ **Анализа уroda - семена**

Древеће у парковима има могућност повољнијег раста и развоја захваљујући чешћим контролама и бољим условима неге и заштите.

Има већу крошњу, изложено је већој количини светлости, снабдевано је већом количином хранљивих материја, што све утиче и на **чешћи и обилнији** урод.

На квантитет и квалитет урода, поред **биологије врсте** утичу и **средински фактори** (клима, аерозагађење)

Методологија: анализирани параметри:

- квантитет: оцена обилности (Стилиновић, 1985; Исајев и сар., 1998), **укупно 1829 стабала**
- квалитет: одабрана стабла, **укупно 50 стабала**
 - морфометријске особине плода, семена (ширина, дужина)

✓ **Резултати:**

- У погледу оцене плодоношења евидентиране су **значајне разлике између анализираних паркова**. Највише стабала са највишом оценом плодоношења и код лишћарских и код четинарских врста је било у **Академском парку**.

- У погледу **морфометријских карактеристика плодова / семена**, закључено је да **не постоје значајне разлике ни између анализираних стабала у оквиру парка, ни између анализираних паркова**.



Picea omorika (Pančić) Purkyne –
семе, мерење нонијусом



Taxus baccata L. – семе

Betula verrucosa
Roth. – плодови
са одабраних
стабала –
парк Баново брдо



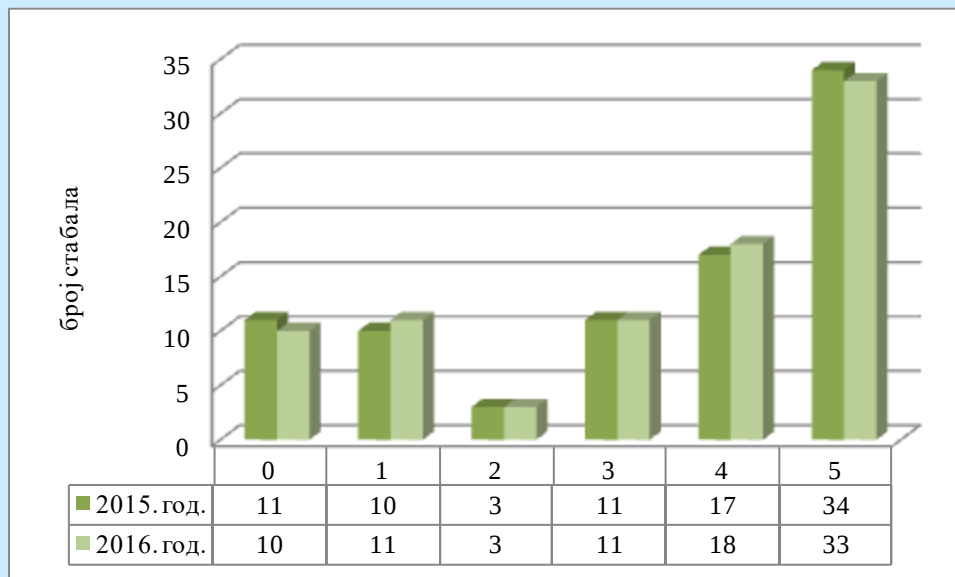
✓ **Анализа урода – семена - резултати**

Процентуална заступљеност свих стабала лишћарских и четинарских врста дрвећа у појединим категоријама обилности уroda

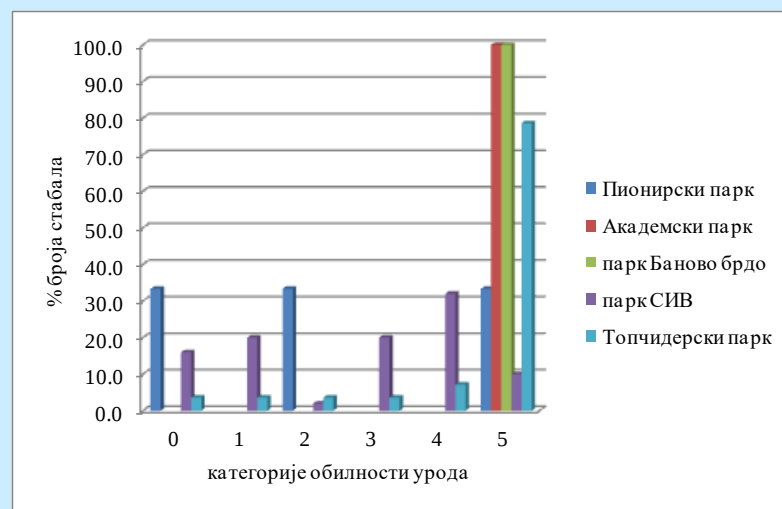
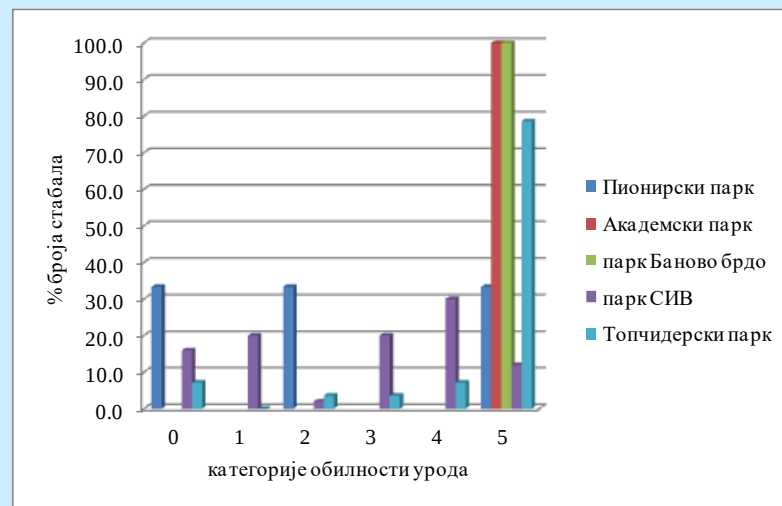
(укупно оцењено **1829** стабала: **1251** стабло лишћара + **578** стабала чртинара)

		Парк	Категорија обилности уroda – оцена											
			0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
			% у 2015. год.						% у 2016. год.					
ЛИШЋАРИ		Пионирски	43,0	2,5	7,4	2,5	5,0	39,7	41,0	5,7	4,1	4,1	3,3	41,8
		Академски	21,2	3,0	6,1	6,1	6,1	57,6	21,2	3,0	3,0	9,1	3,0	60,6
		Баново брдо	50,3	1,2	3,0	4,7	2,4	38,5	46,2	1,8	3,6	5,3	4,7	38,5
		СИВ	43,1	7,7	6,5	13,1	14,7	14,9	44,7	7,7	6,1	12,2	14,4	14,9
		Топчидер	35,0	3,1	1,8	4,9	7,7	47,6	34,5	3,1	2,4	4,6	7,7	47,6
		УКУПНО	40,0	4,4	4,4	7,6	9,1	34,5	39,6	4,8	4,1	7,6	9,0	34,9
ЧЕТИНАРИ		Пионирски	55,7	4,5	2,3	10,2	5,7	21,6	55,7	5,7	0,0	8,0	9,1	21,6
		Академски	10,5	5,3	0,0	15,8	21,1	47,4	10,5	0,0	5,3	10,5	31,6	42,1
		Баново брдо	13,2	4,6	6,0	23,2	9,9	43,0	12,1	6,7	6,7	20,1	11,4	43,0
		СИВ	52,7	6,7	8,0	15,6	12,1	4,9	52,7	6,3	8,9	14,3	12,9	4,9
		Топчидер	33,3	5,2	4,2	13,5	16,7	27,1	32,3	6,3	4,2	14,6	15,6	27,1
		УКУПНО	38,2	5,5	5,7	16,4	11,6	22,5	37,8	6,1	6,1	14,8	13,0	22,2
	- највећи % стабала са обилношћу урода 5													
	- највећи % стабала са обилношћу урода 0													

✓ Анализа уroda - семена - резултати



Број стабала *Tilia argentea* по категоријама обилности уroda у свим анализираним парковима



Процент броја стабала *Tilia argentea* по категоријама обилности уroda у анализираним парковима за 2015. и 2016.

❖ ЗАГАЂЕНОСТ ВАЗДУХА

Поред климе, загађен ваздух један је од основних фактора који одређују квалитет живота у урбаним срединама.

Емисија загађујућих материја у градској средини пореклом је највише из покретних извора тј. **саобраћаја**:

- угљенмоноксид (CO), дозвољена средња годишња гранична вредност је $3,0 \text{ mg/m}^3$
- азот диоксид (NO_2), дозвољена средња годишња гранична вредност је $40,0 \text{ mg/m}^3$
- сумпор диоксид (SO_2), дозвољена средња годишња гранична вредност је $50,0 \text{ mg/m}^3$
- олово (Pb), дозвољена средња годишња гранична вредност је $0,5 \text{ mg/m}^3$
- суспендоване честице
- угљен диоксид (CO_2), гас „стаклене баште“ (саобраћај се сматра одговорним за 17,5% укупне емисије гасова “стаклене баште”)

Зелене површине - паркови - вегетација, значајно ублажавају негативне ефекте климе и загађености ваздуха.

Позитивни ефекти вегетације:

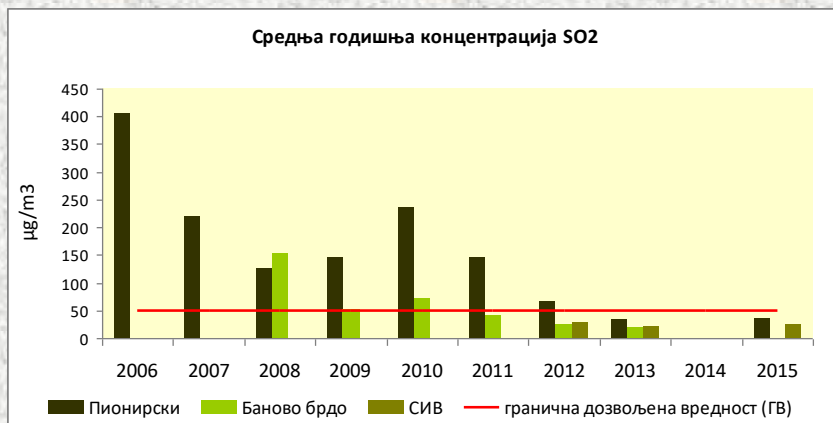
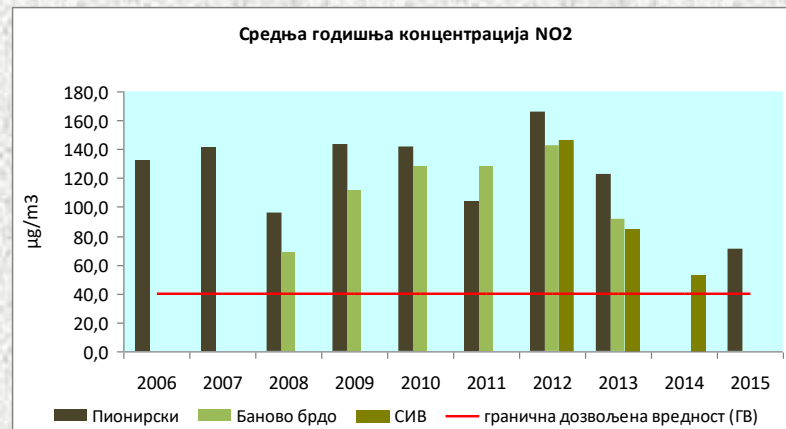
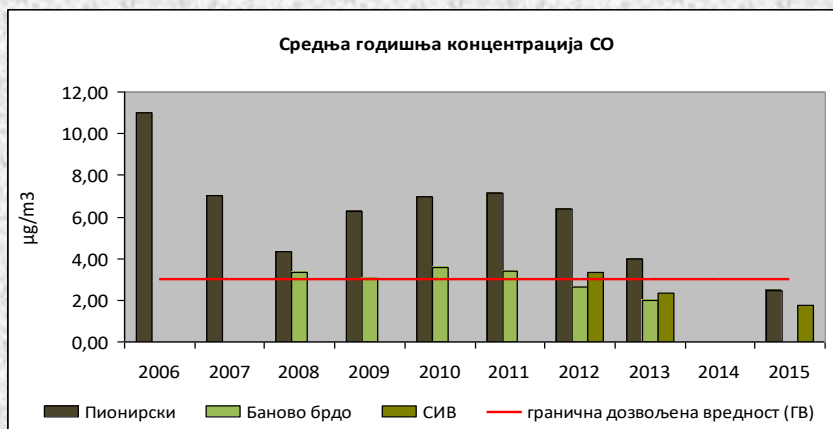
- повећање влажности ваздуха,
- ублажавање ефеката локалних топлотних острва,
- заштита од прашине, чађи и дима,
- ублажавање ефеката ветра и евапорације,
- редукције загађења и емисије испарљивих органских једињења,
- редукција буке,
- затим позитиван утицај на људски организам,
- поред овога, зелене површине имају посебан значај за биодиверзитет града
- што се тиче економске користи, зелене површине позитивно утичу на потрошњу енергије (редукција годишње цене коштања грејања и хлађења),
- такође и повећавају естетску вредност.

❖ ЗАКЉУЧЦИ - ВАЛОРИЗАЦИЈА ПАРКОВА И ВРСТА - ЕКОЛОШКИ УСЛОВИ

Претпоставка истраживања је била да, поред биологије врсте, и еколошки услови посебно положај одабраних паркова, имају утицаја у развоју и физиолошком статусу биљака у њима, што је и потврђено резултатима истраживања.

- ✓ **Валоризација паркова у односу степен загађености** („Биомониторинг тешких метала у ваздуху/едукација о утицају саобраћаја на квалитет ваздуха“, 2015)

Пионирски > СИБ > Академски > Баново брдо > Топчидер



❖ ЗАКЉУЧЦИ - ВАЛОРИЗАЦИЈА ПАРКОВА И ВРСТА - АНАЛИЗЕ

Опште стање **свих стабала**
у анализираним парковима:

Укупно анализирано 2033 стабала:

Пионирски: 255, оцена 4,3

СИВ: 699, оцена 4,0

Топчидер: 590, оцена 3,9

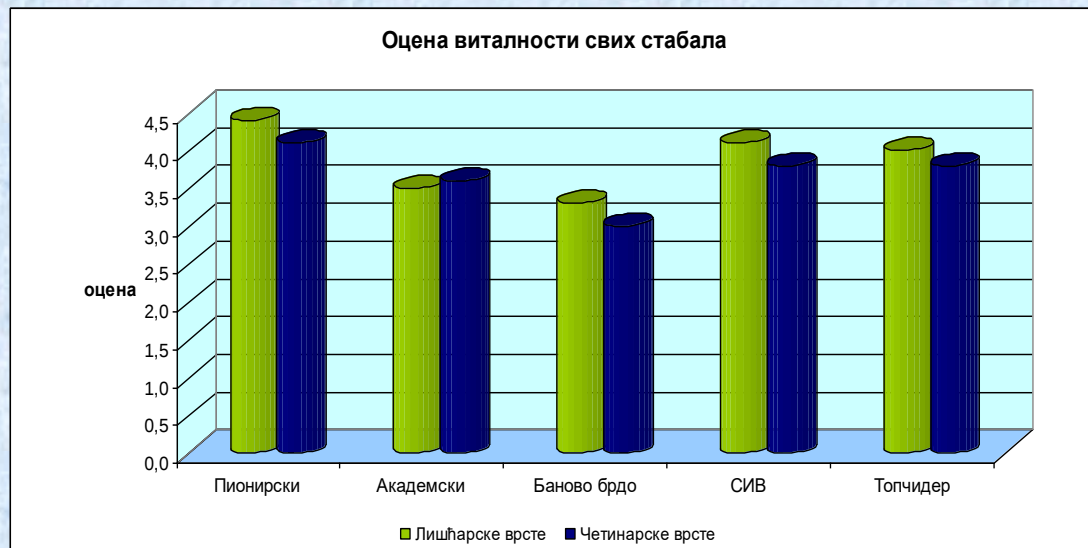
Академски: 131, оцена 3,6

Баново брдо: 358, оцена 3,2

оцена виталности:

лишћари 3,9

четинари 3,7



На основу стања **одабраних стабала** - резултата теренских и лабораторијских истраживања, валоризација паркова је била различита за анализиране параметре:

❑ Положај паркова (степен загађености, близина саобраћајница) **је имао утицаја** на:

- морфолошке особине листа, четина
- анатомске особине листа, четина - густина стома
- морфолошке и физиолошке особине полена
- фотосинтетичку активност листа
- плодоношење

❑ Положај паркова (степен загађености, близина саобраћајница) **није имао утицаја** на:

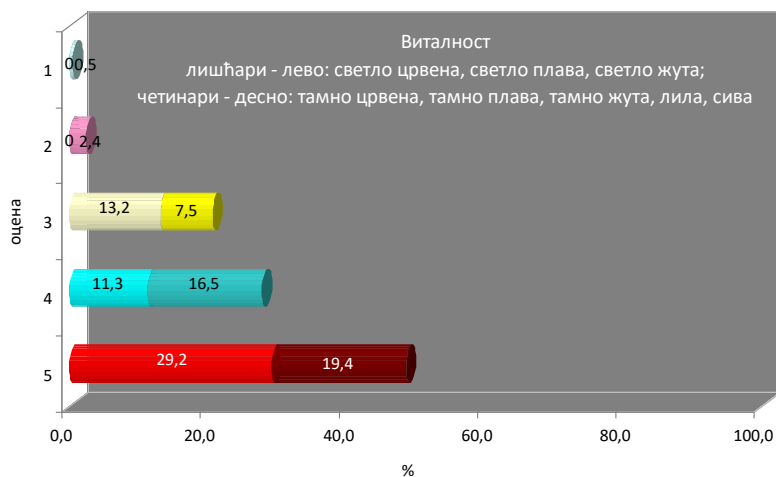
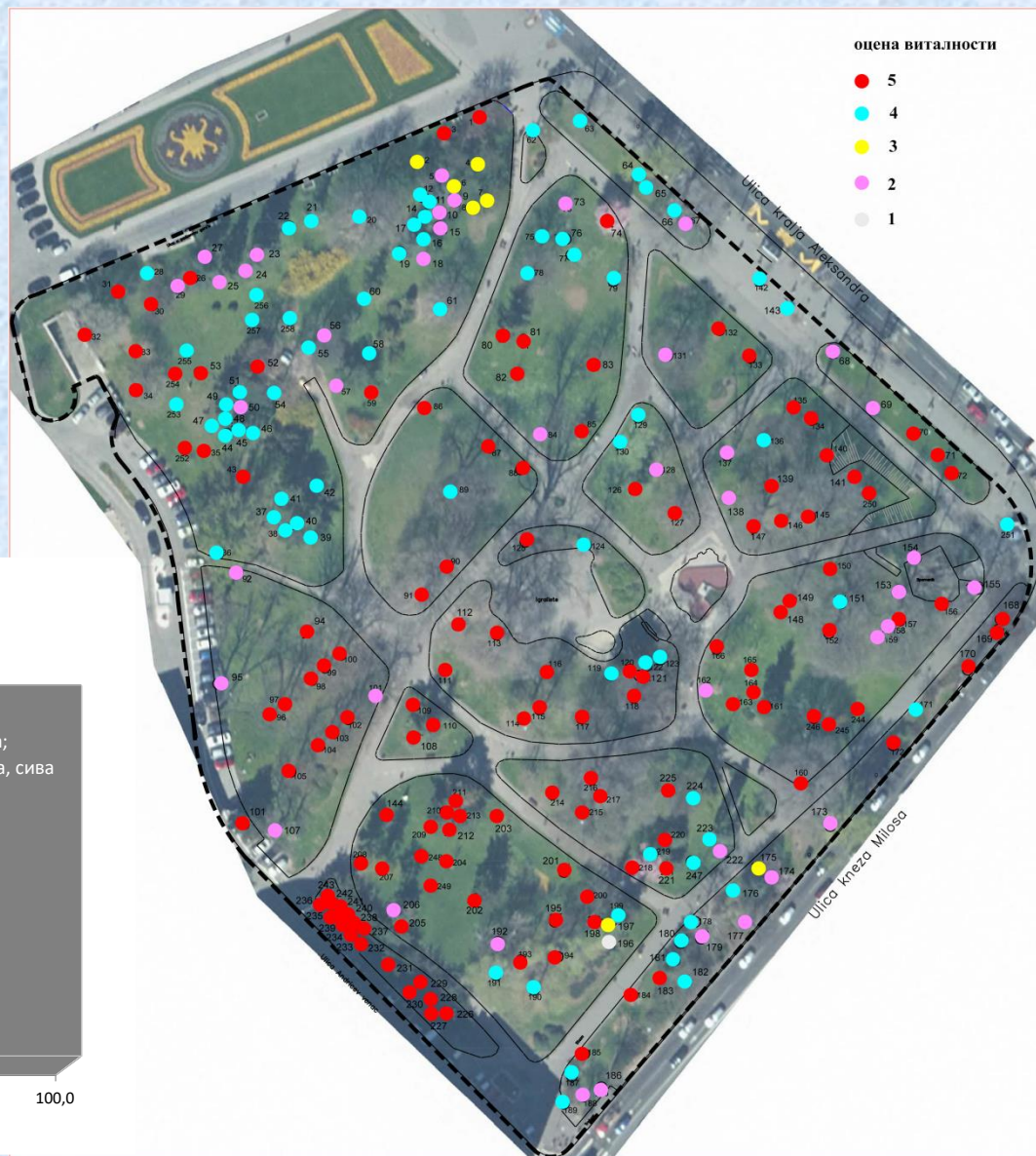
- садржај хранљивих материја у листовима
- морфолошке особине уroda - семена

❖ ЗАКЉУЧЦИ – ВАЛОРИЗАЦИЈА ПАРКОВА И ВРСТА - АНАЛИЗЕ

• Пионирски парк

Оцена виталности
укупно 255 стабала

оцена 5: 48,6% стабала
оцена 4: 27,8% стабала
оцена 3: 20,7% стабала
оцена 2: 2,4% стабала
оцена 1: 0,5% стабала



❖ ЗАКЉУЧЦИ - ПРЕДЛОГ МЕРА

- Еколошки услови ← Положај паркова ← Загађеност ← Саобраћај
- Физиолошки услови
 - Избор врста у складу са резултатима пројекта:
 - Боље адаптиране врсте: гинко, софора, копривић, пауловнија, магнолија, црвени храст, сребрна липа, тиса, кедр, јела, оморица, таксодијум
 - Слабије адаптиране врсте: кестен, бреза, платан, смрча, црни бор
- Биомониторинг - индикатори
 - морфологија листа/четина
 - особине полена
 - особине стома
 - фотосинтетичка активност
- Мере неге и здравствене заштите
 - Примена метода интегралне заштите:
 - минимизирање употребе пестицида и примену биолошких мера борбе
 - дијагнозно - прогнозне мере
 - избор отпорних и толерантних биљних врста на градске услове

ЗАХВАЛНИЦА

У име свих сарадника на пројекту захваљујем се

- ★ **Секретаријату за заштиту животне средине - Београд**
за стручну и финансијску помоћ у реализацији пројекта.
- ★ **Градском заводу за јавно здравље - Београд**
који нам је уступио податке мониторинга загађености ваздуха.
- ★ **ЈКП - Зеленилу - Београд**
које нам је уступило подлоге паркова, и пружио подршку и сарадњу у обављању свих фаза пројекта.

Лично се захваљујем

- ★ **Директору Института за шумарство др Ракоњац Љубинку и др Лучић Александру**
који су подржали идеју и концепцију пројекта, разумели значај оваквих истраживања и заједно са Секретаријатом омогућили реализацију пројекта.
- ★ **Колегама истраживачима**
на успешној реализацији свих планираних активности и сарадњи током трајања пројекта.
- ★ **Хвала свим гостима и колегама на пажњи.**