



DOI: 10.5937/topola2312043D
UDK: 630*27(497.113 Novi Sad)

Originalni naučni rad

Sušenje i umanjeње stabilnosti prestarelih stabala *Populus × euramericana* u urbanim sredinama: studija slučaja Železnički park, Novi Sad

Milutin Đilas^{1*}, Sasa Orlović¹, Miroslav Marković¹, Predrag Pap¹, Branislav Kovačević¹, Sara Đorđević², Milica Zlatković¹

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad, Srbija

² Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija

* Autor za korespondenciju: Milutin Đilas; E-mail: milutin.djilas@uns.ac.rs

Datum prispeća rukopisa u uredništvo: 13.11.2023; Datum recenzije: 22.11.2023; Datum prihvatanja rukopisa za publikovanje: 24.11.2023.

Apstrakt: *Populus × euramericana* je vrsta koja se odlikuje brzim rastom, jednostavnom vegetativnom reprodukcijom i često sreće u parkovima Novog Sada. Tokom 2017. godine zapaženo je sušenje krošnji stabala *P. × euroamericana* u Železničkom parku u Novom Sadu. Sušenje je narednih godina nastavljeno, primećeno je naginjanje stabala i pojava plodonosnih tela truležnice topole, gljive *Cyclocybe aegerita* u pridanku stabala. Stoga je u oktobru 2022. godine izvršena provera statičke stabilnosti i unutrašnje strukture drveta 49 stabala *P. × euramericana*. To je urađeno primenom polu-invazivne metode mikro bušenja uz pomoć rezistografa IML PD 400 i ustanovljena je strukturalna erozija drveta u različitim fazama. Iz simptomatičnog drveta su izolovane ofiostomatoidne, fuzarioidne gljive kao i truležnica *C. aegerita*. Molekularno filogenetske analize potvrdile su da plodonosna tela u pridanku simptomatičnih stabala pripadaju vrsti *C. aegerita*. Sve češći klimatski ekstremi, kao i drugi stresni faktori urbanih sredina čine stabla topole osetljivim na vetroizvale, vetrolome, kao i napad oportunističkih patogena. Stoga je neophodan intenzivni monitoring zdravstvenog stanja ali i stabilnosti stabala topole u urbanim sredinama primenom uređaja za dijagnostiku truleži kakav je rezistograf koji pruža uvid u unutrašnjost stabla i mogućnost pravovremene reakcije kako bi se parkovi učinili bezbednim i prijatnim mestom za odmor i rekreaciju ljudi.

Ključne reči: sušenje topola, rezistograf, *Cyclocybe aegerita*, *Populus × euramericana*, urbano zelenilo, Novi Sad.

Original scientific paper

Dieback and stability loss of old-growth *Populus × euramericana* in urban environments: Case study Železnički park, Novi Sad

Abstract: *Populus × euramericana* is a species characterized by fast growth and simple vegetative propagation and is often planted in the parks of Novi Sad. During 2017, dieback of *P. × euroamericana*

was observed in the Železnički Park in Novi Sad. The dieback continued in the following years, the leaning of the trees was noticed as well as mushrooms of the poplar rot fungus *Cyclocybe aegerita* growing in clusters at tree bases. Thus in October 2022, the static stability and internal structure of *P. × euramericana* wood was checked using semi-destructive micro-drilling method and IML PD 400 resistograph and the different stages of the structural erosion of the wood were observed. Ophiostomatoid fungi, fusarioid fungi and *C. aegerita* were isolated from symptomatic wood samples. Molecular phylogenetic analyzes confirmed that the fruiting bodies at tree bases belong to the species *C. aegerita*. Frequent climate extremes along with other stressful factors in urban areas make poplar trees sensitive to windstorms, windbreaks, and attack of opportunistic pathogens. Therefore, it is essential to conduct intensive monitoring of health and stability of poplar trees in urban areas and this should be done using resistance measurement devices for the detection of wood decay like resistograph. This instrument provides insight into the tree structure and the possibility of timely reaction to make city parks a safe and pleasant place for people to rest and relax.

Keywords: poplar dieback, resistograph, *Cyclocybe aegerita*, *Populus × euramericana*, urban greenery, Novi Sad.

1. Uvod

Parkovi kao jedni od najznačajnijih zelenih površina u urbanom predelu, pružaju obilje ekosistemskih usluga i predstavljaju važan faktor za poboljšanje mikro klime urbanih sredina (Mexia et al. 2018). Urbano zelenilo prečišćava vazduh, obnavlja kiseonik, ublažava dejstvo ulične buke, doprinosi fiksaciji i skladištenju ugljenika, ublažava efekat “toplotnog ostrva”, pruža zaštitu od jakih i hladnih vetrova i stanište je ptica, mikoriznih i saprofitnih gljiva, bakterija i insekata koji učestvuju u procesu kruženja ugljenika i azota (Marković et al. 2011; Li i Wang, 2021; Milović et al. 2021; Quaranta et al. 2021; Wong et al. 2021). Pomoću isparljivih organskih jedinjenja-fitoncida drvenastih vrsta, parkovi povoljno utiču na fizičko ali i mentalno zdravlje ljudi umanjujući efekat depresije i anksioznosti (Wong et al. 2019; Zorić et al. 2020; Kostić et al. 2022; Kebert et al. 2023). Šest postojećih parkova u Novom Sadu (Kamenički, Limanski, Futoški, Univerzitetski, Železnički i Dunavski park) izuzetnih estetskih odlika predstavljaju izdvojene ambijentalne celine koje pružaju brojne ekosistemske usluge među kojima se ističe važna uloga očuvanja biodiverziteta u gradovima (Lakićević et al. 2022). Po tome se ističe Kamenički park (Đorđević et al. 2022), a ostali parkovi, iako površinski manji, takođe poseduju estetski, ekološki i socijalni značaj (Lakićević i Srđević, 2017).

Topole su vrste kratkog uzgojno-proizvodnog ciklusa (ophodnje) koje se odlikuju brzim rastom (Orlović et al. 2006). Orografski uslovi, sliv reke Dunav, hidromorfna zemljišta i klima Novog Sada i okoline pogodni su za uzgoj topola (Galić et al. 2009; Stojnić et al. 2015; Kovačević et al. 2018; Pekeč et al. 2019) pri čemu procenat njihove zastupljenosti na teritoriji ovog grada iznosi 4,68 % što ih svrstava na sedmo mesto odmah iza lipe, javora, koprivića, breze, platana i voćkarica (Ninić-Todorović et al. 2014).

Populus × euramericana (Dode) Guinier je najčešće gajena topola u Srbiji i predstavlja hibrid između američke crne (*Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh) i domaće crne topole (*Populus nigra* L.) (Pilipović et al. 2005; Kovačević et al. 2009). *P × euramericana* introdukovana je u Srbiju 1950-ih godina prošlog veka, a u urbanim sredinama se najčešće sreću klon “I-214” i kultivar “Robusta” atraktivne, piramidalne krošnje. Kao brzorastuća vrsta velike biomase i tolerancije na teške metale pruža izuzetne mogućnosti za sekvestraciju ugljenika, ali i za fitoremedijaciju (Galić et al. 2008; Tsarev et al. 2020; Blanco et al. 2021). Ova topola osetljiva je na razna oboljenja lista i stabla, uključujući pegavost lišća koju uzrokuje patogena gljiva *Drepanopeziza brunnea* (Ellis & Everh.) Rossman & W.C. Allen (syn. *Marssonina brunnea*), rak stabla koji uzrokuje gljiva *Plagiostoma populinum* (Fuckel) L.C. Mejía (syn. *Dothichiza populea*), a odnedavno i bakterijski rak koji uzrokuje patogena bakterija *Lonsdalea populi* (Li et al. 2017; Tóth et al. 2013; Zlatković et al. 2020).

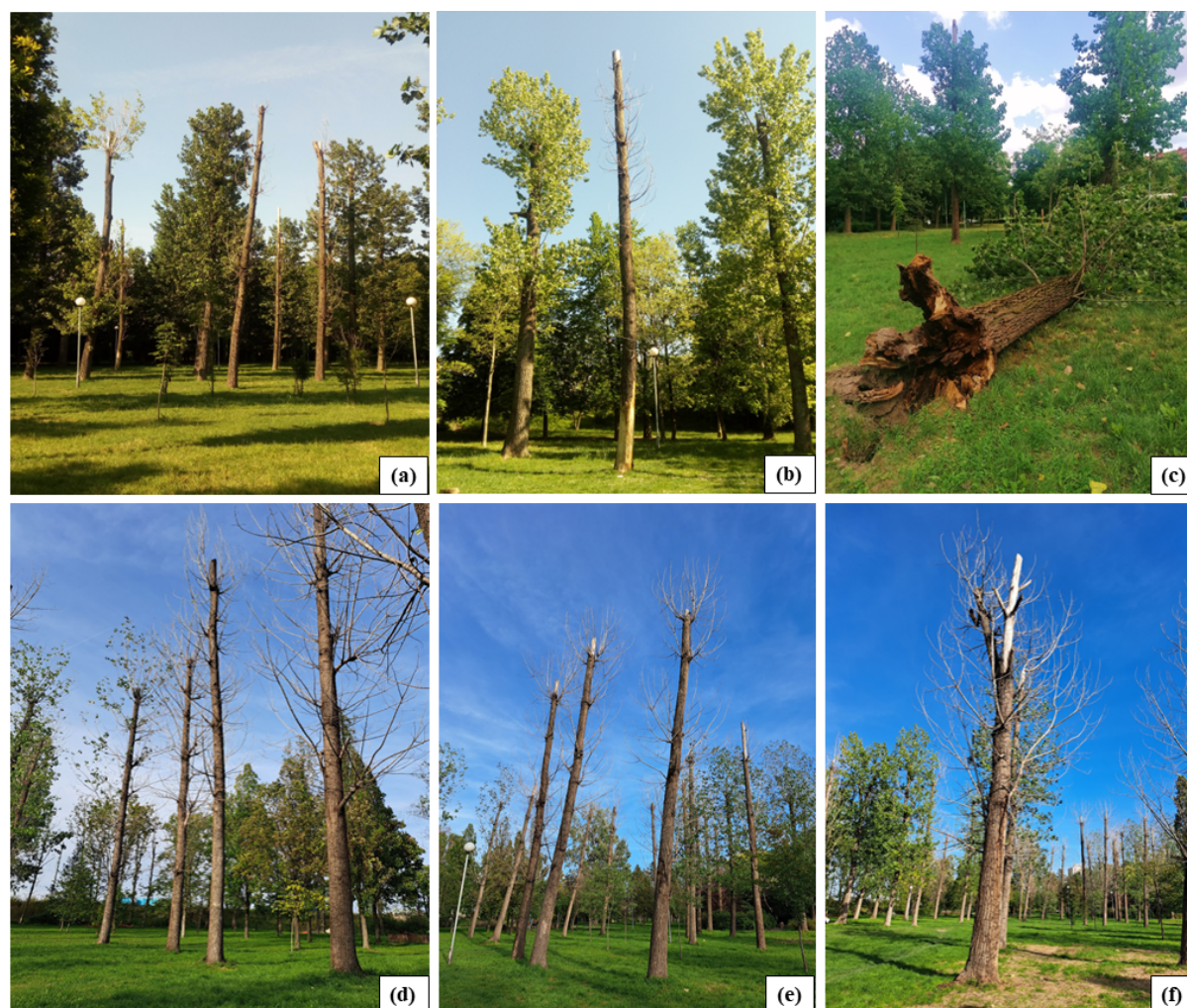
Intenzitet klimatskih promena u nekoliko poslednjih decenija ima globalne posledice po celokupan vegetacijski pokrivač (Pavlović et al. 2017; Albrich et al. 2020; Venäläinen et al. 2020; Frene et al. 2021). Mnogobrojna istraživanja daju predikcije o značajnom povećanju temperature u narednim decenijama, koje će dovesti do transformacija u prirodnim resursima i životnoj sredini (Amell et al. 2019; Malhi et al. 2021; Klusak et al. 2023). Zbog svojih specifičnosti, urbane sredine su naročito na udaru klimatskih promena, a rapidnom urbanizacijom se vegetacijski pojas izlaže još stresnijim uslovima (Cavender et al. 2019; De la Sota et al. 2019). Ekstremne vremenske prilike poput olujnih vetrova i super ćelijskih oluja, poplava, suše, "toplih talasa" ali i drugi nepovoljni faktori kakvi su zaslanjeno i sabijeno zemljište i aerozagađenje ugrožavaju stabla u urbanim sredinama čineći ih podložnim vetrolomima, vetroizvalama i napadu oportunističkih patogena (Burley et al. 2019; Romagnoli et al. 2023). Posebno su ugrožena prestarela stabla, sa umanjenim nivoom prirodne odbrane od patogena koja su često dodatno kolonizovana saprofitnim gljivama i ksilofagnim insektima koji dovode do njihovog ubrzanog propadanja i gubitka stabilnosti (Mayer et al. 2021; Zemek et al. 2023).

Iako pruža brojne koristi, upravljanje urbanim zelenilom zahteva veliku odgovornost. Ako se njime ne upravlja adekvatno i ne vrši provera stabilnosti stabala, ona mogu predstavljati rizik po bezbednost građana (Miller et al. 2015; Giachetti et al. 2021). Za proveru stabilnosti stabala u urbanim sredinama koriste se različite invazivne i neinvazivne metode. Neinvazivne tehnike ispitivanja ne utiču na integritet ispitivanog stabla (neke polu-destruktivne tehnike se smatraju neinvazivnim) i mogu se podeliti na mehaničke (rezistograf, pulling - test na savijanje, fraktometar), akustične (akustični i ultrazvučni tomograf), hemijske, magnetne i metode zračenja (tehnike refleksije i transmisije) (Nowak, 2016). Najveći broj metoda određuje svojstva drveta na posredan način, tako da su uređaji konstruisani da mere određene karakteristike materijala kao što su npr. otpor pri bušenju, brzina prostiranja zvuka i apsorbcija zračenja. Kalibracijom se pomoću statističkih paketa (analiza glavne komponente, višestruke regresije i regresije parcijalnih najmanjih kvadrata) izmereni parametri dovode u vezu sa traženim svojstvima drveta (Branco et al. 2010; Niemz et al. 2012; Nowak 2019).

Najčešće korišćena mehanička metoda ispitivanja stabilnosti stabala u urbanim sredinama jeste ispitivanje primenom rezistografa. Rezistograf je električni merni instrument koji meri otpor stabla pri konstatnom prodiranju rezistografske igle promera 1.5 mm te vrha svrdla promera 3 mm (Wacker et al. 2008). Baterijom pogonjena igla prenosi vrednosti otpora sile koja deluje suprotno od pravca kretanja igle i sile pri rotaciji, na osnovu čega je moguće uočiti promene u strukturi drveta, odnosno razliku između rane i kasne zone, zdravog i trulog drveta, pojavu šupljina (poslednje faze razgradnje drveta pod uticajem gljiva truležnica) i pukotina. Instrument rezultate merenja grafički verodostojno prenosi na integrisani ekran u razmeri 1:1, a ima i mogućnost ispisivanja vrednosti amplitude otpora na papiru koja podseća na EKG nalaz - skalu na apscisi u cm, na ordinati otpor u procentima (Resanović, 2020). Rezistogram daje grafički prikaz energije koju troši električni motor pri prodiranju igle unutar uzorka. Budući da je otpor pri merenju u uzajamnoj vezi sa mehaničkim svojstvima drveta, svaka strukturna promena prepoznaje se u vidu amplitudne linije na kojoj svaka tačka ima svoju vrednost otpora (Costello, 1999). Drvo nastalo tokom perioda punog rasta zbog svoje anatomske prirode je znatno manje gustine od one nastale na kraju prstena prirasta pa se tako rezistogram uočava kao niz vrhova i udolina. Ova tehnika je zasnovana na sledećoj hipotezi: Otpor je povezan sa gustinom drveta, te što je veća gustina drveta to je veći otpor na vrhu igle, i obrnuto, pri jednakim uslovima što je manja otpornost manja je i gustina drveta što ukazuje na dekompoziciju drveta (Acuña et al. 2011). Osim za istraživanja truleži drveta u različitim fazama i prisustva pukotina u drvetu instrument služi i za analizu godova odnosno određivanje starosti stabala i to pre svega četinarskih vrsta (Mattech, 1997; Mesarić, 2017).

Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu Univerziteta u Novom Sadu od 2001. godine sprovodi zdravstveni pregled gradskog zelenila grada Novog Sada, a ovaj pregled od 2017. godine uključuje i Železnički park. Tokom 2017. godine uočeno je sušenje vrhova krošnji *P. × euramericana* u ovom parku, ali i prisustvo potpuno suvih stabala. Narednih godina simptomatična stabla su prevršena, ali je sušenje nastavljeno, zapaženo je naginjanje stabala kao i pojava plodonosnih tela saprofitne gljive *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini u pridanku a ređe i u gornjim partijama stabala, koje su upućivale na pojavu truleži. U junu 2022. godine došlo je i do izvaljivanja jednog stabla nakon

oluje, kao i do dodatnog potpunog sušenja pojedinih stabala (Slika 1). Stoga je cilj ovog istraživanja bila provera statičke stabilnosti i unutrašnje strukture drveta simptomatičnih stabala *P. × euramericana*. Takođe, bilo je neophodno i izolovati potencijalne patogene gljive i truležnice iz simptomatičnog drveta ali i molekularno filogenetskom identifikacijom saprofitne gljive, uzrokovača truleži drveta *C. aegerita* isključiti mogućnost pojave gljive *Cyclocybe parasitica* (G. Stev.) Vizzini koja je patogen i čije prisustvo još uvek nije zabeleženo u Srbiji.



Slika 1. Sušenje krune stabala *Populus × euramericana*, izvaljeno stablo nakon oluje i potpuno suva stabla u Železničkom parku u Novom Sadu.

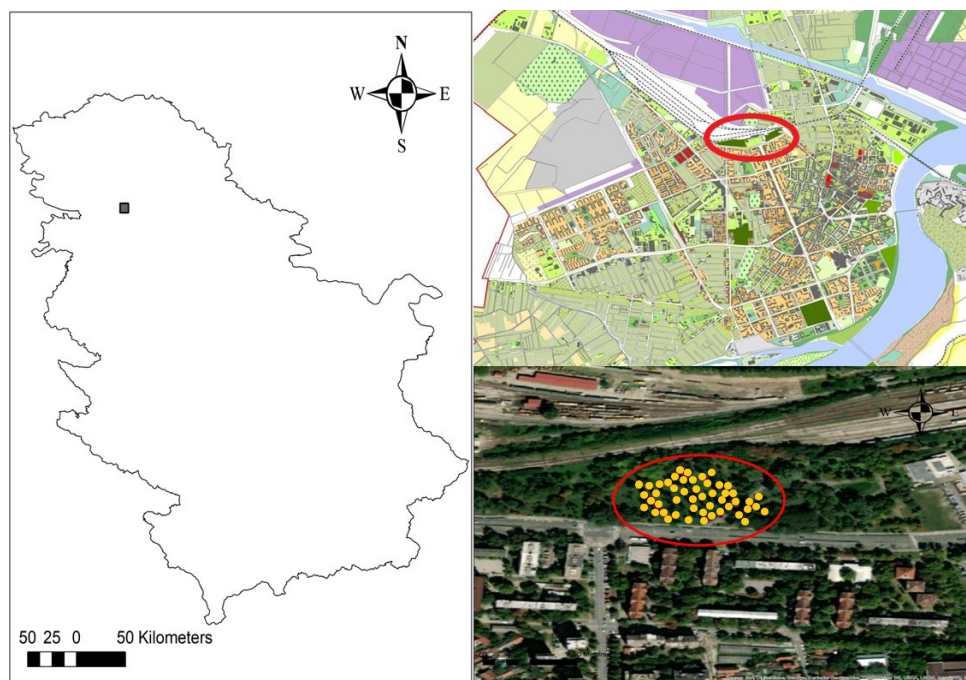
Figure 1. Dieback of *Populus × euramericana*, dead trees and a tree uprooted during storm in Železnički park, Novi Sad.

2. Materijal i metode

2.1. Lokalitet istraživanja

Prema GUP-u Novog Sada do 2030. godine („Službeni list br. 33/2022“) sa ukupnom površinom od 4.7 ha, Železnički park kategoriše se kao zonski park staničnog područja. Glavne funkcije parka su zaštitna, izolaciona i sanitarno higijenska uloga jer predstavlja tampon zonu između pruge, odnosno železničke stanice i stambene zone. Namena parka je za odmor putnika, šetnju građana, ali i istrčavanje pasa. Dominantnu dendrofloru čine euroamerička topola (*P. × euramericana*), breza (*Betula pendula* Roth.), mečja leska (*Corylus colurna* L.) i divlji kesten (*Aesculus hippocastanum* L.) (Ninić-Todorović et al.

2014). Ovim istraživanjem obuhvaćeno je 49 stabala *P. × euroamericana* u Železničkom parku, u Novom Sadu (E 19°49'31"; N 45°15'52") (Slika 2).



Slika 2. Prikaz Železničkog parka na prostornom planu grada Novog Sada kao i pozicije stabala *P. × euramericana* određene koordinatama.

Figure 2. The position of Železnički park on the spatial plan of the city of Novi Sad and the positions of *P. × euramericana* trees determined by coordinates.

2.2. Provera unutrašnje strukture i stabilnosti stabala

Provera stabilnosti i unutrašnje strukture stabala izvršena je direktnom metodom mikro bušenja uz pomoć rezistografa IML Power Drill® – RESI PD 400, a dobijeni podaci su obrađeni u softveru „IML PD Pro Tools“. Merenje je izvršeno iz četiri kardinalna pravca na dve visine (pridanak - 10 cm od nivoa zemlje i na visini 1 m) (Slika 7 a). Parametri merenja su optimizovani tako da je ugao merenja u odnosu na osu stabla bio 90°, brzina rotacije rezistografske igle 2500 r/min a brzina pomeraja rezistografske igle 100 cm/min. Uzorci importovani u softver dalje su analizirani izdvajanjem različitih segmenata na osnovu vrednosti amplitudne krive. Očitavanje je izvršeno počevši od kore (koja ima niže vrednosti otpora) ka centralnom delu drveta. Vrednosti otpora bliske ili jednake nuli generisane su kao zone dekompozicije drveta. Takođe, smatrano je da se inicijalna faza truleži manifestuje kao nedostatak pikova na amplitudnoj krivi. Vrednosti otpora drveta predstavljene su i u papirnoj formi na terenu pomoću mobilnog štampača (Zebra ZQ320) koji je bežičnim putem povezan sa rezistografom.

Na našu inicijativu, sa ciljem da se što verodostojnije prikažu rezultati ali i utvrdi stepen preciznosti merenja rezistografom, sa stabala nakon uklanjanja uzeti su uzorci drveta (koturovi) sa iste visine na kojoj je vršena procena stabilnosti i unutrašnje strukture stabala rezistografom.

2.3. Preliminarna morfološka identifikacija plodonosnih tela (pečuraka)

Plodonosna tela (pečurke) koje su se javljale u pridanku suvih i simptomatičnih stabala identifikovane su morfološki korišćenjem odgovarajućih ključeva za determinaciju (Karadžić et al. 2016). Posmatrana su morfološka obeležja pečurke kao što su izgled, boja i veličina šešira, drške, himenofora, listića, prisustvo ili odsustvo prstena. Otisak spora dobijen je tako što je šešir plodonosnog tela okrenut himenoforom ka dnu sterilne Petrijeve posude u laminarnoj komori u laboratoriji a pregled

otiska je izvršen 24h nakon postavljanja šešira. Kvalitativna svojstva pečuraka (boja spora, oblik) i kvantitativna (broj septi, dužina i širina na uzorku od deset spora) su posmatrana pod prethodno navedenim svetlosnim mikroskopom.

2.4. Uzimanje uzoraka i izolacija iz izvrtaka i plodonosnih tela

Za potrebe izolacije potencijalno patogenih gljiva i truležnica uzorci sa simptomatičnih stabala uzeti su pomoću Pressler-ovog svrdla, stavljeni u papirne kese i prebačeni u mikrobiološku laboratoriju Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, nakon čega su odloženi u frižider gde su čuvani na temperaturi od 4°C do izolacije. Uzorci su najpre usitnjeni na sitnije fragmente debljine 2-4 mm tako da je bio zahvaćen na izgled zdravi i simptomatični deo drveta (diskoloracija i/ili nekroza), a zatim su površinski sterilisani potapanjem u 70% etil-alkoholu (1 min), 10% rastvoru natrijum-hipohlorita (1min), pa su ispirani sterilnom destilovanom vodom. Uzorci su zatim prosušeni na prethodno sterilisanom papirnom ubrusu u laminarnoj komori a onda kratko dodatno sterilisani na plamenu te zasejani na zakišeljenu Malt Extract Agar (AMEA) hranljivu podlogu (Zlatković et al. 2016). Petrijeve šolje su stavljene u mikrobiološki inkubator sa hlađenjem (INCU line, VWR, Nemačka) na temperaturu od 21°C. Nakon nedelju dana izolati su pročišćeni metodom vrhova hifa koristeći stereo mikroskop OFS 439 (Kern Optics, Nemačka).

Za potrebe DNK ekstrakcije, te molekularne potvrde morfološke identifikacije plodonosnih tela (pečuraka) koje su se nalazile u pridanku stabala, delići himenofora pečurki su površinski sterilisani kako je prethodno opisano, a zatim zasejani na AMEA podlogu. Spore gljive dobijene otiskom spora razblažene su u sterilnom fosfatnom puferu do 1.5×10^8 spora/ml (razblaženje koje je jednako zamućenju 0.5 po Mc Farland skali turbiditeta), a zatim zasejane uz pomoć L-štapića na AMEA podlogu. Izolati su prečišćeni metodom vrhova hifa, zasejani na 2% Malt Extract Agar (MEA) hranljivu podlogu i gajeni u mraku, u mikrobiološkom inkubatoru na temperaturi 21°C tokom dve nedelje.

2.5. Preliminarna morfološka identifikacija izolovanih gljiva

Mikro gljive izolovane iz simptomatičnog drveta su preliminarno identifikovane na osnovu izgleda kulture, pojave plodonosnih tela u kulturi, izgleda, boje i septiranosti spora uz pomoć binokulara Olympus SZX 10 (Olympus Co., Tokyo, Japan) i svetlosnog mikroskopa Olympus BX53F (Olympus Co., Tokyo, Japan) opremljenog digitalnom kamerom SC50 i pratećim softverom.

2.6. Ekstrakcija DNK i PCR

DNK je ekstrahovana iz izolata dobijenog iz plodonosnih tela (pečuraka) koje su rasle u osnovi stabala, ali i iz morfološki gotovo identičnog izolata dobijenog iz izvrtka koji je *in vitro* takođe proizveo pečurke morfološki slične *C. aegerita*. Za potrebe ekstrakcije, ovi izolati gajeni su na MEA podlozi sa prethodno sterilisanim perforiranim celofanom koji obezbeđuje lakše sakupljanje micelije, tokom dve nedelje na temperaturi od 21°C u mraku, u mikrobiološkom inkubatoru. DNK je ekstrahovana pomoću Quick-DNA Fecal/Soil Microbe MiniPrep kompleta za ekstrakciju DNK (Zymo Research, SAD) prema uputstvima proizvođača, a DNK koncentracije odedene su spektrofotometrom NanoDropH ND-1000 uz prateći program (NanoDrop Technologies, DuPont Agricultural Genomics Laboratories, SAD). Originalni DNK ekstrakti rastvoreni su u 50 µl sterilne destilovane vode i čuvani na temperaturi od -20°C pre korišćenja u reakcijama amplifikacije.

Metoda lančane reakcije polimeraze (PCR) primenjena je umnožavanjem internog transkribovanog spejsera (ITS) ribozomalne DNK (rDNK) pomoću univerzalnih prajmera za amplifikaciju gljiva ITS1F i ITS4 (White et al. 1990; Gardes i Bruns, 1993). PCR reakcije obavljene su u radnoj zapremini od 25 µl kako je opisano u istraživanju Karličić et al. (2021). ali sa nešto većom količinom magnezijuma od 6.5 i 7µl. PCR reakcije izvedene su u Mini Amp Plus termosajkleru (Applied Biosystems, Thermo Fisher Scientific, SAD), pri uslovima opisanim u analizama Milović et al. (2021).

PCR produkti su očišćeni pomoću QIAquick PCR Purification kompleta za prečišćavanje DNK (Quiagen, Nemačka), razdvojeni na 1.5% agaroznom gelu elektroforezom, vizualizovani pod UV svetlom i upoređeni sa 100bp standardom (Gene Ruler 100bp DNA ladder, Thermo Scientific, SAD). Pozitivnom reakcijom smatrana je pojava traka PCR produkta očekivane veličine od 500–600 baznih parova (bp). Prečišćeni produkti poslani su na uslužno sekvenciranje u laboratorije Macrogen Europe (Holandija).

2.7. Molekularno filogenetska identifikacija

Prednji i zadnji kraj nukleotidnih sekvenci spojeni su pomoću softvera za analizu sekvenci CLC Main Workbench 23 (Quiagen, Nemačka). Sekvence su upoređivane sa postojećim sekvencama gljiva iz rodova *Cyclocybe* i *Agrocybe* koristeći opciju BLAST u Banci Gena (NCBI, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>). Pristupni brojevi sekvenci uključenih u filogenetsku analizu prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Sekvence korišćene u filogenetskim analizama *Cyclocybe* vrsta.

Table 1. Sequences used in the phylogenetic analyses of *Cyclocybe* species.

Oznaka izolata	Identitet	Kolekcija kultura	Zemlja	Pristupni broj ITS
ICMP 11668	<i>Cyclocybe parasitica</i>	ICMP ^e	Novi Zeland	MN306189
ICMP 16333	<i>C. parasitica</i>	ICMP ^e	Novi Zeland	MN306190
IHI 392	<i>C. chaxingu</i>	IHI Zittau ^b	Indija	MN306184
SC 960903	<i>C. chaxingu</i>	IHI Zittau ^b	Tajland	MN306176
CBS 832.87	<i>C. aegerita</i>	CBS ^a	-	MN306188
CBS 178.69	<i>C. aegerita</i>	CBS ^a	Engleska	MN306178
DSM 9613	<i>C. aegerita</i>	DSMZ ^c	Italija	MN306183
IHI 536	<i>C. aegerita</i>	IHI Zittau ^b	Italija	MN306186
CBS 127.88	<i>C. aegerita</i>	CBS ^a	Holandija	MN306176
AAE-3	<i>C. aegerita</i>	Sylvan Inc. (Horst, Netherlands)	Italija	MN306174
IHI 8	<i>C. aegerita</i>	IHI Zittau ^b	Nemačka	MN306182
ILFE 10	<i>C. aegerita</i>	ILFE ^d	Srbija	OQ979240
ILFE 11	<i>C. aegerita</i>	ILFE ^d	Srbija	OQ979241
AaM	<i>C. aegerita</i>	IHI Zittau ^b	SAD	MN306185
CBS 358.51	<i>C. aegerita</i>	CBS ^a	Italija	MN306177
MCVE 27720	<i>C. ereboides</i>		Italija	NR153895
IF8A	<i>Agrocybe retigera</i>		-	OQ450352
DSM 9710	<i>A. arvalis</i>	DSMZ ^c	Nemačka	MN306191
CBS 390.79	<i>A. firma</i>	CBS ^a	-	MN306192
CNRMA 9.499	<i>Shizophyllum commune</i>	CNRMA ^f	-	KP132727

^a Westerdijk institut (Utreht, Holandija)

^b Internacionalni institut (Citau, Nemačka)

^c Nemačka kolekcija mikroorganizama i ćelijskih kultura (Braunšvajg, Nemačka)

^d Kolekcija mikroorganizama Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu Univerziteta u Novom Sadu (ILFE, Srbija)

^e Internacionalna kolekcija mikroorganizama iz biljaka (Okland, Novi Zeland)

^f Kolekcija gljiva (Institut Pasteur, Pariz, Francuska)

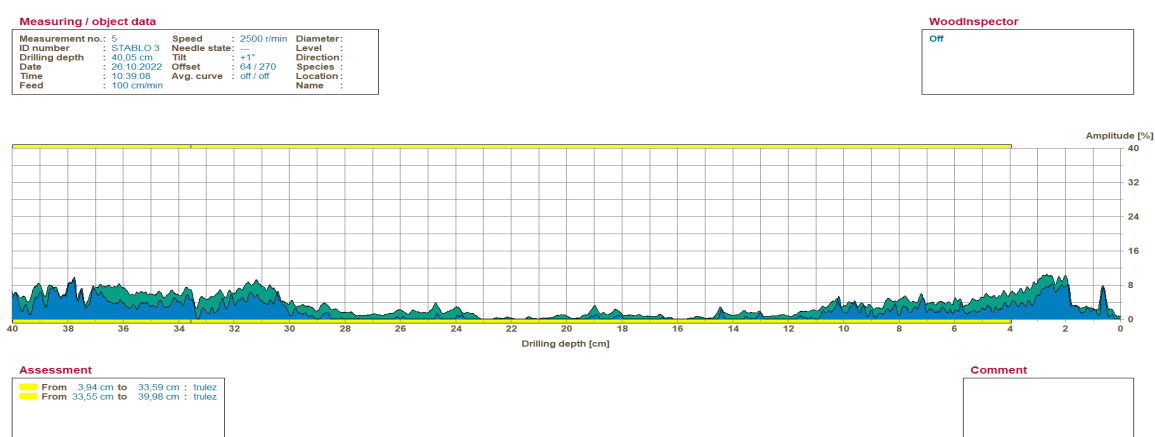
Filogenetsko poravnavanje sekvenci izvršeno je u programu Molecular Evolutionary Genetic Analysis- MEGA 11 (Tamura et al. 2021). Filogenetske analize urađene su pomoću analize maksimalne verovatnoće (ML), a filogenetsko stablo konstruisano je uz pomoć on-line verzije softvera PhyML 3.0 uz odabir automatske selekcije adekvatnog modela - SMS i Akaike kriterijuma selekcije (Guindon et al. 2010; Lefort et al. 2017). Pouzdanost svakog čvora procenjena je korišćenjem 1000 bootstrap ponavljanja (Felsenstein 1985). Filogenetsko stablo je vizualizovano u programu MEGA 11 (Tamura et al. 2021). Sekvence dobijene u ovom istraživanju deponovane su u Banku Gena, a haplotipovi dobijenih sekvenci utvrđeni su uz pomoć programa DnaSP verzije 6.12.03 (Rozas et al. 2017). Identifikovani izolati *C. aegerita* deponovani su u kolekciju mikroorganizama ILFE Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu Univerziteta u Novom Sadu.

3. Rezultati

3.1. Provera stabilnosti i unutrašnje strukture stabala

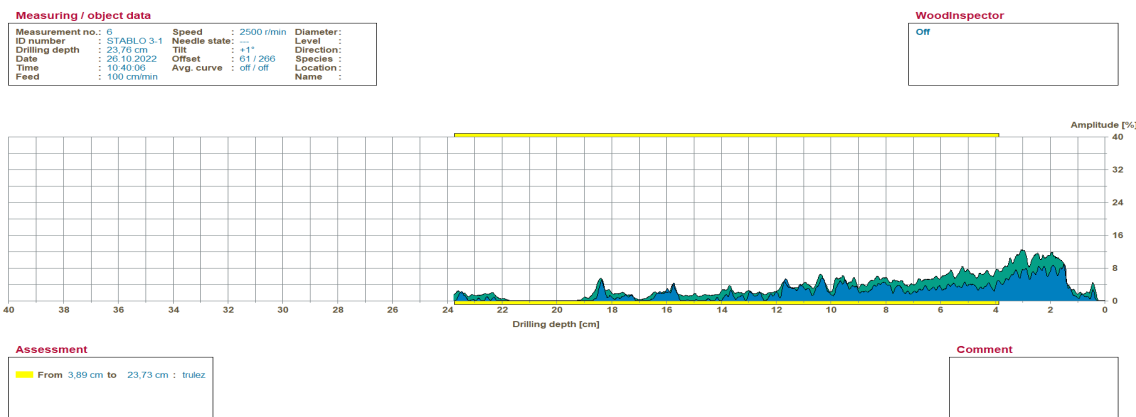
Prvi rezistogram dobijen je merenjem u pridanku na južnoj strani na stablu prečnika $d=45$ cm pri čemu je registrovana trulež dužinom celog uzorka (Slika 3). Referentnim merenjem na istoj visini na severnoj strani, potvrđen je nalaz destrukcije drveta u zoni 4-24 cm nakon čega je došlo do automatskog uvlačenja rezistografske igle. Ovo je karakteristično za potpuno trulo drvo ili šupljinu, pri čemu tanka i elastična rezistografska igla usled rotacije pravi prevelik otklon od vertikalne ose (>5 cm), sa ciljem da se spreči prelom igle (Slika 4).

Na drugom stablu prečnika $d=58$ cm merenjem na istočnoj strani dužinom celog uzorka registrovan je nešto manji otpor u odnosu na uobičajen za ovu vrstu (Slika 5). Referentnim bušenjem na 1 m visine sa iste strane promene u vidu nižih vrednosti otpora registrovane su u zoni 23-34 cm (Slika 6). Promene na drugom stablu upućuju na pojavu truleži ali manje uznapredovalom nego na prvom stablu. Na isti način meren je otpor na ukupno 49 stabala koja su svrstana u dve grupe prema hitnosti uklanjanja. Pored konstatovano suvih stabala vizuelnim pregledom kriterijum za grupisanje je bio i stepen destrukcije drveta. Dvadeset devet stabala svrstano je u prvu grupu i predviđeno za hitno uklanjanje, dok su ostala stabla činila drugu grupu po prioritetu (Tabela 2).

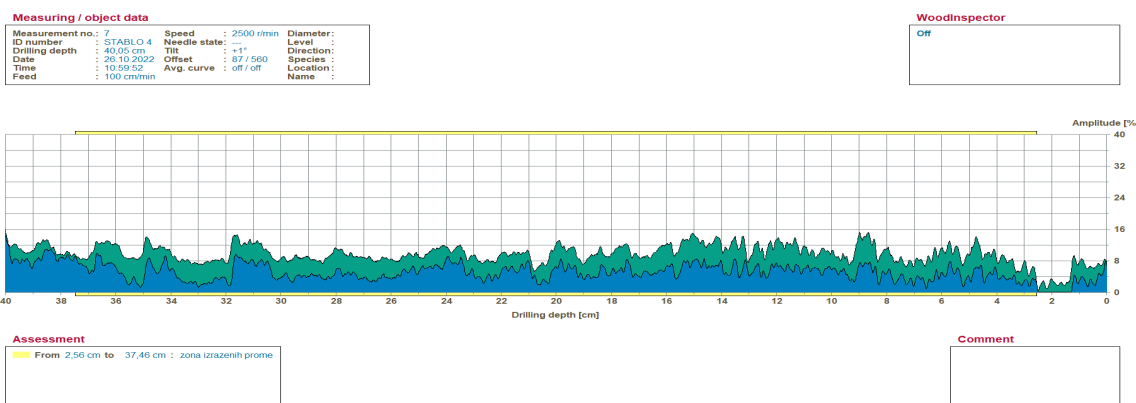


Slika 3. Merenje u pridanku na južnoj strani.

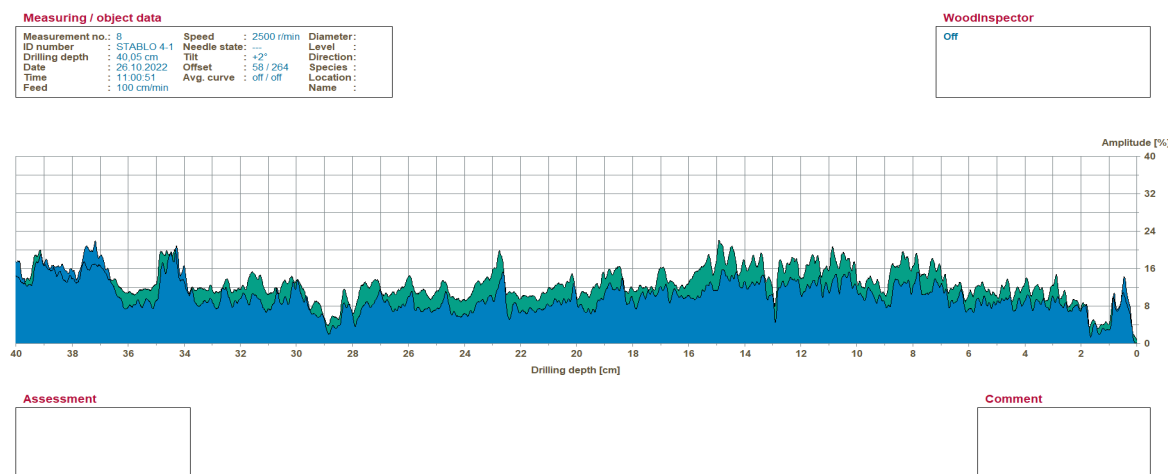
Figure 3. Measurement at the root collar on the south side.



Slika 4. Merenje u pridanku na severnoj strani.
 Figure 4. Measurement at the root collar on the north side.



Slika 5. Merenje u pridanku na istočnoj strani.
 Figure 5. Measurement at the root collar on the east side.



Slika 6. Merenje na 1 m visine na istočnoj strani.
 Figure 6. Measurement at 1 m height on the east side.

Tabela 2. Rezultati provere unutrašnje strukture i stabilnosti stabala.*Table 2.* Results of checking the internal structure and stability of trees.

Broj stabla	Koordinate stabla	Prečnik na visini 1 m (cm)	Rezultati nalaza dobijenih merenjem rezistografom u pridanku i na 1 m visine	Grupa prioriteta
1	45°15'50.7" N 19°49'29.4" E	63	U zoni 28 – 36 cm na severnoj strani je registrovana trulež, na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2
2	45°15'50.7" N 19°49'29.2" E	60	Dužinom celog uzorka od 24 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
3	45°15'50.9" N 19°49'28.9" E	45	Dužinom celog uzorka od 40 cm na istočnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
4	45°15'51.3" N 19°49'28.6" E	58	Dužinom celog uzorka od 40 cm registrovan je neujednačen i značajno manji otpor.	1
5	45°15'51.1" N 19°49'28.7" E	32	Dužinom celog uzorka od 10 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
6	45°15'51.2" N 19°49'28.2" E	59	U zoni 24 – 34 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
7	45°15'51.6" N 19°49'28.4" E	56	Dužinom celog uzorka od 26 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
8	45°15'51.8" N 19°49'28.6" E	55	Dužinom celog uzorka od 18 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
9	45°15'51.8" N 19°49'28.2" E	67	U zoni 30 – 34 cm na severnoj strani je registrovana trulež, na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2
10	45°15'52.4" N 19°49'27.9" E	72	U zoni 27- 33 cm na zapadnoj strani i 31-36 cm na južnoj strani je registrovana trulež, na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2
11	45°15'52.3" N 19°49'28.3" E	59	U zoni 23 – 33 cm na zapadnoj i 2 – 14 cm na južnoj strani je registrovana trulež, a dužinom celog uzorka je zabeležen neujednačen i značajno manji otpor.	1
12	45°15'53.0" N 19°49'29.8" E	90	Na stablu nisu registrovane promene koje upućuju na prisustvo truleži u značajnoj meri.	2

Tabela 2. Nastavak.

Table 2. Continue.

Broj stabla	Koordinate stabla	Prečnik na visini 1m (cm)	Rezultati nalaza dobijenih merenjem rezistografom u pridanku i na 1 m visine	Grupa prioriteta
13	45°15'52.7" N 19°49'29.5" E	71	U zoni 28 – 32 cm na istočnoj i južnoj strani je registrovana trulež, na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2
14	45°15'53.0" N 19°49'29.7" E	49	U zoni 21 – 26 cm na zapadnoj strani je registrovana trulež, na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2
15	45°15'52.2" N 19°49'29.4" E	52	U zoni 22 – 26 cm na zapadnoj i 21 – 23 cm na južnoj strani je registrovana trulež, na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2
16	45°15'52.7" N 19°49'29.8" E	47	Dužinom celog uzorka od 40 cm je registrovan neujednačen i smanjen otpor.	1
17	45°15'52.6" N 19°49'30.2" E	47	U zoni 20 – 24 cm na zapadnoj strani je registrovana trulež, na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2
18	45°15'51.6" N 19°49'29.5" E	46	Dužinom celog uzorka od 40 cm je registrovan neujednačen i smanjen otpor.	1
19	45°15'51.7" N 19°49'30.1" E	49	U zoni 22 – 35 cm na zapadnoj i 6 – 19 cm na južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež, a dužinom celog uzorka je zabeležen neujednačen i značajno manji otpor.	1
20	45°15'51.6" N 19°49'30.2" E	50	Dužinom celog uzorka od 12 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
21	45°15'51.6" N 19°49'30.1" E	51	U zoni 12 – 29 cm na zapadnoj i 14 – 22 cm na južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
22	45°15'50.6" N 19°49'30.0" E	50	Dužinom celog uzorka od 22 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
23	45°15'51.3" N 19°49'30.9" E	48	Dužinom celog uzorka od 12 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
24	45°15'50.9" N 19°49'30.6" E	49	U zoni 18 – 26 cm na istočnoj strani je registrovana uznapredovala trulež, a Dužinom celog uzorka je zabeležen neujednačen i značajno manji otpor.	1

Tabela 2. Nastavak.

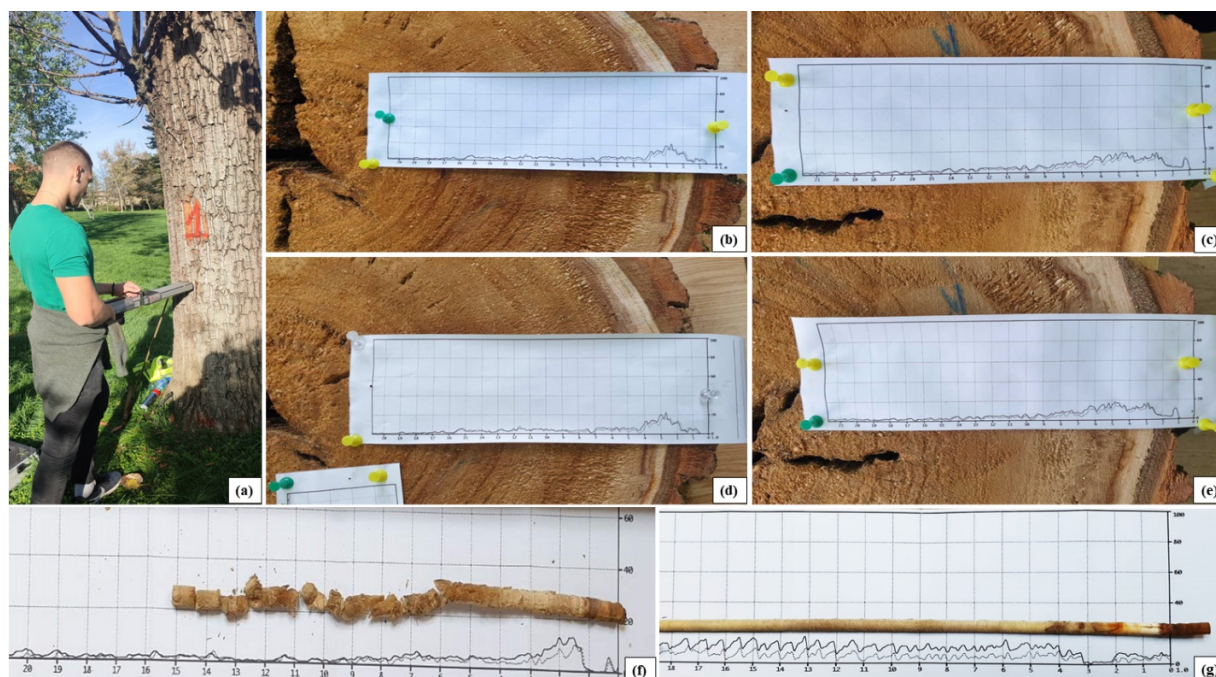
Table 2. Continue.

Broj stabla	Koordinate stabla	Prečnik na visini 1m (cm)	Rezultati nalaza dobijenih merenjem rezistografom u pridanku i na 1 m visine	Grupa prioriteta
25	45°15'50.7" N 19°49'30.8" E	73	U zoni 34 – 40 na zapadnoj strani je registrovana trulež, na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2
26	45°15'50.6" N 19°49'30.7" E	56	Na stablu nisu registrovane promene koje upućuju na prisustvo truleži u značajnoj meri.	2
27	45°15'50.8" N 19°49'31.3" E	47	Na stablu nisu registrovane promene koje upućuju na prisustvo truleži u značajnoj meri.	2
28	45°15'51.6" N 19°49'31.4" E	53	U zoni 2 – 12 cm na zapadnoj i 23 – 27 cm na južnoj strani registrovana je trulež, a dužinom celog uzorka je zabeležen neujednačen i značajno manji otpor.	1
29	45°15'52.1" N 19°49'30.3" E	58	Dužinom celog uzorka od 10 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
30	45°15'52.3" N 19°49'31.3" E	53	Na stablu nisu registrovane promene koje upućuju na prisustvo truleži u značajnoj meri.	2
31	45°15'52.7" N 19°49'30.6" E	57	U zoni 4 – 23 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež, a dužinom celog uzorka je zabeležen neujednačen i značajno manji otpor.	1
32	45°15'52.6" N 19°49'30.7" E	55	Na stablu nisu registrovane promene koje upućuju na prisustvo truleži u značajnoj meri.	2
33	45°15'52.9" N 19°49'30.9" E	57	Na stablu nisu registrovane promene koje upućuju na prisustvo truleži u značajnoj meri.	2
34	45°15'52.3" N 19°49'31.3" E	64	Na stablu nisu registrovane promene koje upućuju na prisustvo truleži u značajnoj meri.	2
35	45°15'52.2" N 19°49'31.4" E	48	Na stablu nisu registrovane promene koje upućuju na prisustvo truleži u značajnoj meri.	2
36	45°15'51.7" N 19°49'31.6" E	46	U zoni 18 – 26 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana trulež, na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2
37	45°15'51.9" N 19°49'31.5" E	45	Dužinom celog uzorka od 9 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1

Tabela 2. Nastavak.*Table 2.* Continue.

Broj stabla	Koordinate stabla	Prečnik na visini 1m (cm)	Rezultati nalaza dobijenih merenjem rezistografom u pridanku i na 1 m visine	Grupa prioriteta
38	45°15'51.7" N 19°49'31.8" E	50	Dužinom celog uzorka od 21 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
39	45°15'51.8" N 19°49'31.1" E	47	Na stablu nisu registrovane promene koje upućuju na prisustvo truleži u značajnoj meri.	2
40	45°15'51.2" N 19°49'32.5" E	53	Dužinom celog uzorka od 40 cm sa istočne i južne strane je registrovana uznapredovala trulež.	1
41	45°15'51.0" N 19°49'32.5" E	57	U zoni 21- 40 cm na zapadnoj strani i 23-34 cm na južnoj strani je registrovana trulež.	1
42	45°15'51.8" N 19°49'32.8" E	58	Dužinom celog uzorka od 24 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
43	45°15'50.5" N 19°49'32.3" E	58	Dužinom celog uzorka od 40 cm na zapadnoj strani i 24 cm na severnoj strani, je registrovana uznapredovala trulež.	1
44	45°15'51.0" N 19°49'33.1" E	64	Dužinom celog uzorka od 40 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana trulež.	1
45	45°15'50.9" N 19°49'32.0" E	54	Dužinom celog uzorka od 11 cm na zapadnoj i severne strane je registrovana uznapredovala trulež.	1
46	45°15'50.7" N 19°49'32.7" E	52	U zoni 23-33 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež, na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2
47	45°15'51.5" N 19°49'29.7" E	63	Dužinom celog uzorka od 24 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
48	45°15'51.7" N 19°49'29.1" E	57	Dužinom celog uzorka od 18 cm na zapadnoj i južnoj strani je registrovana uznapredovala trulež.	1
49	45°15'51.5" N 19°49'30.4" E	55	U zoni 30 – 37 cm na zapadnoj strani je registrovana trulež. na ostatku uzorka je zabeležen ujednačen otpor.	2

Kada su u pitanju stabla iz grupe 1 po hitnosti uklanjanja, nakon što je upoređen nalaz dobijen rezistografom u štampanoj formi razmere 1:1, sa poprečnim presekom stabla i izvrtkom iz istog stabla, potvrđeno je da se radi o stablima potpuno narušene unutrašnje strukture sa fiziološki aktivnim (na izgled zdravim) tkivom od samo nekoliko centimetara uz koru (Slike 7b-7e).



Slika 7. Provera stabilnosti stabla rezistografom IML PD 400 (a); poređenje rezistograma i truleži na poprečnom preseku stabla (b,c,d,e); poređenje truleži na izvrtku i rezistogramu u razmeri 1:1 (f,g).

Figure 7. Tree stability assessment using resistograph IML PD 400 (a); comparison of resistogram data and wood decay on cross section (b,c,d,e); comparison of tree core with wood decay and resistogram data at a scale of 1:1.

3.2. Preliminarna morfološka identifikacija gljiva izolovanih iz izvrtaka

Izolati dobijeni iz izvrtaka mogu se svrstati u tri morfološke grupe na osnovu izgleda i brzine razvoja kulture u mraku pri temperaturi od 21°C:

- Kulture srednje brzog porasta sivkasto beličaste boje, sa prisutnim sinemama ("lizalice"), tipičnim za ofiostomatoidne mikro gljive.
- Kulture brzog porasta, žućkasto beličaste boje sa prisutnim sporodohijama sa srpastim makrosporama sa 3-5 pregrada, dimenzija (n=10) (42.4 x 3.3 μm) i jajasto eliptičnim, bezbojnim mikrosporama prosečne veličine 7.2 x 3.1 μm, tipičnim za fuzarioidne mikro gljive.
- Kulture sa nejasnim prelazima između svetlije i tamnije nijanse žute boje i jasno izdiferenciranim tamnim, nepravilnim prstenom, a sa naličja ujednačene žućkaste boje sa smeđim nijansama i još jasnije izraženim prstenom (Slike 8g i 8h). Nakon mesec dana ove kulture su formirale plodonosna tela-pečurke morfološki slične *C. aegerita* (Slika 8f).

3.3. Preliminarna morfološka identifikacija pečuraka

Šeširi kod mladih pečuraka su bili žućkasto smeđi sa svetlijim rubom, ispupčeni (Slika 8b), kod zrelih su svetli (skoro beli) (Slike 8a i 8c), dok je kod starijih pečuraka pokožica na temenu ispucala. Listići su bili gusti i tanki, potpuno prirasli uz dršku (Slika 8d). Drška vitka, u osnovi zašiljena, bela sa nijansom smeđe boje, sa prstenom (Slika 8d). Otisak spora smeđ. Bazidi izduženo vretenasti, bazidiospore cimetastosmeđe, glatke, veličine u proseku (n=10) 8.6 x 4.7 μm (Slika 8e). Morfološka identifikacija plodonosnih tela (pečuraka) u pridanku stabala *P. × euramericana* u Železničkom parku ukazivala je na to da je u pitanju truležnica pridanka *C. aegerita*.

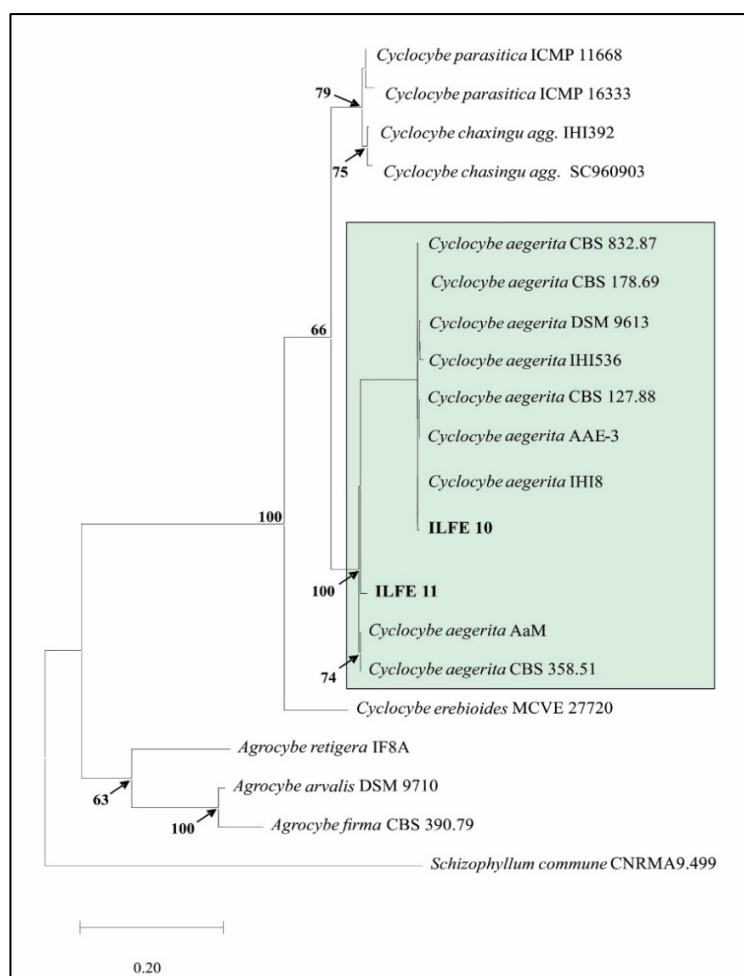


Slika 8. Morfologija gljive *Cyclocybe aegerita*: (a, c) Starije pečurke u osnovi stabla; (b) Mlade pečurke u osnovi stabla; (d) Himenofor i drška sa prstenom; (e) Spore gljive; (f) Pečurke obrazovane u kulturi; (g) Izgled micelije gljive sa lica nakon dve nedelje porasta u mraku na temperaturi od 21°C; (h) Izgled micelije gljive sa naličja nakon dve nedelje porasta u mraku na temperaturi od 21°C. Razmera: 100 µm.

Figure 8. Morphology of *Cyclocybe aegerita* (a,c) Mature mushrooms at the base of a tree; (b) Young mushrooms at the base of a tree; (d) Hymenophore and stalk with ring; (e) Spores; (f) Mushrooms formed in culture; (g) Culture after two weeks of growth in the dark (front); (h) Culture after two weeks of growth in the dark (reverse). Scale bar: 100 µm.

3.4. Molekularno filogenetske analize

U filogenetskom stablu izolat iz plodonosnog tela-pečurke (ILFE 10) i izolat iz izvrtka (ILFE 11) formirali su statistički maksimalno podržanu filogenetsku grupu sa izolatima *C. aegerita* poreklom iz Engleske, Italije, Holandije, Nemačke i Sjedinjenih Američkih Država. Sekvence izolata ILFE 10 (iz plodonosnog tela-pečurke) i ILFE 11 (iz izvrtka, tj. drveta u fazi truljenja) razlikovale su se u četiri bazna para (jedna delecija, tri supstitucije: dve transverzije i jedna tranzicija) i predstavljaju različite haplotipove ove gljive. Molekularno filogenetske analize identifikovale su oba izolata kao *C. aegerita* i potvrdile morfološku identifikaciju pečuraka nađenih u pridanku stabala *P. × euramericana* (Slika 9).



Slika 9. Filogenetsko stablo dobijeno metodom maksimalne verovatnoće koje pokazuje filogenetski položaj vrste *Cyclocybe aegerita* u odnosu na njene najbliže srodnike. Prikazane su vrednosti bootstrap podrške grananju >60%.

Figure 9. Maximum likelihood phylogenetic tree showing the phylogenetic position of *Cyclocybe aegerita* in relation to its closely related species. Bootstrap support values >60% are shown at the tree nodes.

4. Diskusija

U ovom istraživanju ustanovljena je strukturalna erozija drveta u različitim fazama na 49 stabala *P. × euramericana* u Železničkom parku u Novom Sadu primenom polu-invazivne metode mikro bušenja uz pomoć rezistografa IML PD 400. Iz stabala sa simptomima sušenja krune izolovane su ofiostomatoidne i fuzarioidne gljive, kao i truležnica topole *C. aegerita*. U pridanku suvih stabala i stabala sa simptomima sušenja bile su prisutne i pečurke *C. aegerita*. Identifikacija izolata *C. aegerita* iz drveta i pečuraka izvršena je amplifikacijom ITS regiona rDNK i primenom metoda molekularne filogenetike, te je ustanovljeno prisustvo dva različita haplotipa *C. aegerita* i to poreklom iz drveta i plodonosnog tela-pečurke, dok su fuzarioidne i ofiostomatoidne gljive preliminarno identifikovane na osnovu morfologije.

Monitoring stabala *P. × euramericana* u Železničkom parku u Novom Sadu otpočeo je pre šest godina kada je uočeno sušenje krošnji sa vrha, ali i prisustvo potpuno suvih stabala. Kako bi se sprečilo dalje propadanje, krošnje su prevršene ali su stabla nastavila da se suše i odumiru. Naime, prevršavanje stabala (eng. tree topping) česta je praksa pokušaja spašavanja stabla u procesu sušenja, u čijoj osnovi leži ideja o sprečavanju daljeg napredovanja patogena kroz stablo (Fini et al. 2015; Joseph et al. 2023; Speak i Salbitano 2023). Međutim, obzirom da stabla prevršavanjem gube značajnu lisnu masu, a da se prerezi često ne zaštite na adekvatan način od prodiranja patogena i insekata, često dolazi do sve

intenzivnijeg sušenja (Ehsen, 1987; Johnson et al. 2019). Tako su, na primer, Fini et al. (2015) pokazali da je očuvanje vrha stabala i vršnih pupoljaka u urbanim sredinama neophodno za očuvanje efikasnosti fotosintetičkog aparata, strukture i stabilnosti stabala. Isto tako, Suchocka et al. 2021 pokazali su da intenzivno orezivanje povećava opasnost od daljeg sušenja stabala i ubrzava njihovo propadanje. Naime, iz izvrtaka simptomatičnog drveta u Železničkom parku izolovali smo fuzarioidne i ofiostomatoidne gljive koje su poznati patogeni širokog spektra šumskih vrsta, uključujući i topolu (Seraya et al. 2021; Osborn et al. 2022). Poznato je da ove gljive infekciju najčešće ostvaruju kroz rane i prereze na stablu (Chen et al. 2020). Stoga je nastavljeno istraživanje u pravcu njihove precizne multigeneske molekularno filogenetske identifikacije, ali i istraživanje o patogenosti ovih gljiva, te ulozu izolovanih sojeva u procesu sušenja *P. × euramericana*.

Masovna pojava plodonosnih tela-pečuraka u pridanku a ređe i u gornjim partijama stabala u Železničkom parku ukazivala je na pojavu truleži i bila je još jedan indikator odumiranja i devastacije *P. × euramericana*, a u prilog tome govori i vetroizvala jednog stabla nakon oluje u maju 2022. godine. Naime, morfološke i molekularno filogenetske analize potvrdile su da se radi o pečurkama *C. aegerita*, koja je saprofitna gljiva i izazivač bele truleži drveta topole, ali je i jestiva gljiva u narodu poznata kao jablanovača (Chen et al. 2021; Orban et al. 2021). Zanimljivo, *C. aegerita* izolovana je i iz drveta stabala u fazi sušenja čime je dobijena potvrda rezultata rezistograma da je i na pojedinim još uvek živim stablima otpočeo proces degradacije drveta. Molekularno filogenetskom analizom nije utvrđeno prisustvo patogena *C. parasitica* koju je prvobitno opisao Stivenson (1982) u Novom Zelandu i naveo da pečurke ove vrste rastu na živim jedinkama endemske vrste *Plagianthus betulinus* A. Cunn ali je primećeno da se gljiva javlja i na širokom spektru introdukovanih i autohtonih vrsta iz roda *Populus* i na *Platanus orientalis* L. Obzirom da se radi o patogenu koji je široko rasprostranjen u svetu (Novi Zeland, Australija, Havaji, Meksiko, Kolumbija i Kina) (Frings et al. 2020; Elders i Henricke, 2021) i morfološki sličan *C. aegerita* te često zamenjuje svog saprofitnog srodnika, te da je *P. × euramericana* već ugrožena brojnim vrstama patogenih gljiva i bakterija (Pap et al. 2018, Zlatković et al. 2016, 2018a,b, 2020) bilo je neophodno isključiti mogućnost prisustva i ovog patogena na ovim područjima.

U ovom istraživanju primenom rezistografa IML PD 400 potvrđena je destrukcija unutrašnje strukture drveta *P. × euramericana* što upućuje da je narušena statička stabilnost stabala. Oštećenja stabala prilikom upotrebe instrumenta su minimalna pri čemu se sitno iverje zadržava u šupljini promera oko 3 mm a rana nedugo nakon toga kalusira (zarasta) (Mattech, 2012). Relativno je malo istraživanja ne samo u Srbiji, već i u svetu na temu primene uređaja za procenu stabilnosti i detekciju truleži kakav je rezistograf. Tako je nedavno u istraživanju Yáñez et al. (2020) rezistograf korišćen u trogodišnjem zasadu klonskih topola za određivanje razlika u svojstvima drveta, sa ciljem poboljšanja svojstava drveta kroz klonsku selekciju. Rezultati istraživanja ovih autora su pokazali da je upotreba rezistografa pouzdan metod za poređenje svojstava drveta različitih klonova topola i selekciju kako topola tako i drugih difuzno-poroznih vrsta. Walach et al. (2015) navode da je upotreba rezistografa semi-invazivna metoda čije su glavne prednosti kratko vreme ispitivanja strukture drveta, trenutni rezultati ispitivanja, ispitivanje segmenata ili stabla u celini, kao i drvnih konstrukcija obloženih drugim materijalima, što rezistograf izdvaja u odnosu na druge metode (Faggiano et al. 2013). Ipak, upotreba ovog uređaja zahteva iskustvo u tumačenju rezultata i dobro poznavanje svojstava drveta (Negro, 2009).

Iako je u ovom radu za procenu stabilnosti stabala korišćen rezistograf, u urbanim sredinama često se koriste i akustične metode procene stabilnosti stabala primenom zvučnog i ultrazvučnog tomografa (Walach et al. 2015). Akustične metode se zasnivaju na razlici u brzini prostiranja zvučnih i ultrazvučnih talasa kroz drvo (Goh et al. 2018). Osnovna razlika između zvučnog i ultrazvučnog tomografa je u tome što ultrazvučni talas generiše zvučni impuls poznate frekvencije, dok napon zvučnog talasa nije poznat (Živanović et al. 2020). U poređenju sa drugim neinvazivnim metodama, kakva je mehanička metoda primenom rezistografa, akustične metode češće se primenjuju u dijagnostici truleži zbog pouzdanosti i preciznosti. Međutim, osnovni nedostatak akustičnih u odnosu na mehaničke metode ogleda se u tome što je ova metoda zavisna od jačine vetra, nagiba terena, a samo ispitivanje strukture drveta je vremenski dosta zahtevno (Škorpik et al. 2018). Dalje, ultrazvučno

ispitivanje zavisi od veličine ispitivane površine, tako da veći broj prstenova prirasta olakšava prepoznavanje statističke homogenosti drveta, dok se merenje rezistografom vrši u jednoj tački (tzv. spot test) (Jaskowska-Lemanska i Walach, 2016).

Stabla *P. × euramericana* koja su predmet ovog istraživanja su dostigla svoj fiziološki maksimum i deceniju unazad su egzistirala u izmenjenim klimatskim uslovima, koji uključuju neravnomernu godišnju količinu padavina, sve češće olujne vetrove, "toplotne talase" i porast prosečne godišnje temperature koji iznosi 1.4°C u odnosu na prethodnu deceniju (Stojanović et al. 2021; Pap et al. 2022; RHMZ, 2023). Poznato je da sve češće ekstremne vremenske prilike dovode stabla u stanje abiotičkog stresa koji predstavlja savršenu podlogu za razvoj patogena, te se na abiotički nadovezuje i biotički stres (Czaja et al. 2020; Wilkaniec et al. 2021; Kebert et al. 2022). Dalje ulančavanje šteta teče u pravcu nekrotrofnih patogena koji ubijaju ćelije domaćina kako bi se hranili njihovim ćelijskim sadržajem, a njihovu ekološku nišu dalje naseljavaju i konkurentski mikro i makroorganizmi u vidu saprofitnih gljiva i bakterija, razlagača organske materije, ali i sapsilnih insekata koji su u potrazi za hranom i skloništem (Cavender et al. 2019; Pitti et al. 2020). Zbog toga, kao i zbog ostalih specifičnih faktora urbanizacije koji negativno utiču na rast i razvoj stabala u gradu kakvi su aerozagađenje, nedostatak prostora za rast i razvoj korenovog sistema i sabijanje zemljišta, životni vek stabala u urbanim sredinama kraći je od životnog veka stabala u šumi (Roman et al. 2011; Le Roux et al. 2014; Lindenmazer et al. 2014; Chen et al. 2017; Hilbert et al. 2018). Međutim, zbog prirodne sposobnosti sekvestracije i skladištenja ugljenika, kao i mogućnosti pružanja brojnih drugih ekosistemskih usluga, stabla u urbanim sredinama igraju važnu ulogu u ublažavanju posledica klimatskih promena i emisije gasova staklene bašte iz urbanih sredina (De la Sota et al. 2019; Ariluoma et al. 2021). Ipak, sa dostizanjem zrelosti stabla postaju neutralna u smislu sekvestracije ugljenika, ali i njihova prirodna sposobnost odbrane od patogena i štetočina lagano opada (Luysaert et al. 2008; Luysaert et al. 2021).

S obzirom da su topole brzorastuće vrste sa kratkom ophodnjom koje zrelost dostižu znatno brže u odnosu na druge vrste koje su česte u urbanim sredinama, rezultati ovog istraživanja ukazuju na neophodnost stalnog monitoringa zdravstvenog stanja, ali i stabilnosti pogotovu starijih stabala topola primenom savremenih uređaja za detekciju promena strukture drveta kakav je rezistograf, kako bi se predupredile neželjene pojave i urbani parkovi učinili prijatnim i bezbednim mestom za odmor i rekreaciju ljudi.

Zahvalnica

Sredstva za realizaciju ovog istraživanja obezbedilo je Ministarstvo nauke, inovacija i tehnološkog razvoja Republike Srbije (broj projekta: 451-03-68/2022-14/200197); Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede za obavljanje izveštajno-dijagnozno-prognoznih poslova u zaštiti šuma i drugih poslova od javnog interesa u oblasti zdravlja šumskog bilja na teritoriji AP Vojvodine (broj ugovora: 401-00-58/2020-10), kao i Grad Novi Sad za program prognozno-izveštajnih poslova u vezi sa zaštitom zdravlja bilja na teritoriji grada (broj ugovora: III-352-4/23-14). Prvi autor se zahvaljuje COST akciji Urban Tree Guard - CA20132 na stipendiji za pohađanje međunarodne konferencije ICPP2023 (12th International congress of plant pathology; Lyon, France, E-Cost-Grant-CA20132-85b723d3). Autori se zahvaljuju i JKP Zelenilo Novi Sad na logističkoj podršci na terenu, kao i masteru Sretenu Vasiću na pomoći u laboratoriji tokom molekularnih istraživanja.

Literatura:

1. Acuña, L., Basterra, L. A., Casado, M. M., López, G., Ramón-Cueto, G., Relea, E., González, A. (2011): Application of resistograph to obtain the density and to differentiate wood species. *Materiales de Construcción* 61(303): 451-464.
2. Albrich, K., Rammer, W., Seidl, R. (2020): Climate change causes critical transitions and irreversible alterations of mountain forests. *Global Change Biology* 26(7): 4013-4027.

3. Ariluoma, M., Ottelin, J., Hautamäki, R., Tuhkanen, E.M., Mänttari, M. (2021): Carbon sequestration and storage potential of urban green in residential yards: A case study from Helsinki. *Urban Forestry and Urban Greening* 57: 126939.
4. Arnell, N.W., Lowe, J.A., Challinor, A.J., Osborn, T.J. (2019): Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change* 155: 377-391.
5. Bar-Joseph, M., Ezra, D., Licciardello, G., Catara, A. (2023): Diseases of etrog citron and other citrus trees. In the citron compendium: The citron (etrog) *Citrus medica* L.: Science and tradition pp. 145-215.
6. Blanco, R., Blanco, J.A. (2021): Empowering forest owners with simple volume equations for poplar plantations in the Órbigo river basin (NW Spain). *Forests* 12(2): 124.
7. Botkin, D., Saxe, H., Araújo, M., Betts, R., Bradshaw, R., Cedhagen, T., Chesson, P., Dawson, T., Etterson, J., Faith, D., Ferrier, S., Guisan, A., Skjoldborg Hansen, A., Hilbert, D., Loehle, C., Margules, C., New, M., Sobel, M., Stockwell, D. (2007): Forecasting the effects of global warming on biodiversity. *BioScience* 57(3): 227-236.
8. Branco, J. M., Piazza, M., Cruz, P.J. (2010): Structural analysis of two king-post timber trusses: Non-destructive evaluation and load-carrying tests. *Construction and Building Materials* 24(3): 371-383.
9. Brashaw, B., Vatalaro, R., Wacker, J., Ross, R. (2005): Condition assessment of timber bridges. 1. evaluation of a micro - drilling resistance tool. FPL-GTR-159. Madison, WI, USA: U.S. Department of agriculture, Forest Service, Forest products laboratory.
10. Burley, H., Beaumont, L.J., Ossola, A., Baumgartner, J.B., Gallagher, R., Laffan, S., Leishman, M.R. (2019): Substantial declines in urban tree habitat predicted under climate change. *Science of the Total Environment* 685: 451-462.
11. Cavender, N., Donnelly, G. (2019): Intersecting urban forestry and botanical gardens to address big challenges for healthier trees, people, and cities. *Plants, People, Planet* 1(4): 315-322.
12. Chen, L.W., Hua, L.S., Peng, T.L., Sajap, A.S. (2020): Survey of leaf fungal disease on urban tree at taman putra perdana, Putrajaya, Malaysia. *Singapore Journal of Scientific Research* 10(3): 301-307.
13. Chen, W.M., Chai, H.M., Yang, W.X., Ma, Y.H., Zhao, Y.C. (2021): Characterization of mating loci identification and application in *Cyclocybe aegerita* and *C. salicicola*. *Biotechnology Bulletin* 37(11): 57.
14. Chen, W.Y., Hua, J. (2017): Heterogeneity in resident perceptions of a bio-cultural heritage in Hong Kong: a latent class factor analysis. *Ecosyst Services* 24: 170-179.
15. Costello, L.R., Quarles, S.L. (1999): Detection of wood decay in blue gum and elm: an evaluation of the Resistograph and the portable drill. *Journal of Arboriculture* 25: 311-318.
16. Czaja, M., Kołton, A., Muras, P. (2020): The complex issue of urban trees—Stress factor accumulation and ecological service possibilities. *Forests* 11(9): 932.
17. De Frenne, P., Lenoir, J., Luoto, M., Scheffers, B. R., Zellweger, F., Aalto, J., Hylander, K. (2021): Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology* 27(11): 2279-2297.
18. De la Sota, C., Ruffato-Ferreira, V.J., Ruiz-García, L., Alvarez, S. (2019): Urban green infrastructure as a strategy of climate change mitigation. A case study in northern Spain. *Urban Forestry and Urban Greening* 40: 145-151.
19. Dunster, J. (2000): A Manual for users of the resistograph decay detection instrument. Bowen Island, Canada: Dunster and Associates Environmental Consultants.
20. Đorđević, S.Ž., Čukanović, J.D., Kolarov, R.R., Ljubojević, M.Ž., Sentić, I.M., Orlović, S. (2022): Identification and perceived value of ecosystem services of urban green areas. case study: Kamenički park in Novi Sad, Serbia. In: Proceedings of the Fábos conference on landscape and greenway planning 7(1): 40.
21. Ehsen, H. (1987): Pruning of street trees: Cause, objective and execution. *Arboricultural Journal* 11(3): 245-263.

22. Elders, H., Hennicke, F. (2021): The Pacific tree-parasitic fungus *Cyclocybe parasitica* exhibits monokaryotic fruiting, showing phenotypes known from bracket fungi and from *Cyclocybe aegerita*. *Journal of Fungi* 7(5): 394.
23. Faggiano, B., Grippa, M.R., Calderoni, B. (2013): Non-destructive tests and bending tests on chestnut structural timber. *Advanced Materials Research* 778: 167-174.
24. Felsenstein, J. (1985): Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution*: 39(4): 783-791.
25. Fini, A., Frangi, P., Faoro, M., Piatti, R., Amoroso, G., Ferrini, F. (2015): Effects of different pruning methods on an urban tree species: A four-year-experiment scaling down from the whole tree to the chloroplasts. *Urban Forestry and Urban Greening* 14(3): 664-674.
26. Galić, Z., Ivanišević, P., Orlović, S., Redei, K., Pekeč, S., Kebert, M. (2009): Monitoring sezonske dinamike vlažnosti različitih formi aluvijalnog zemljišta za uzgoj topola u srednjem Podunavlju kod Novog Sada. *Topola* 183-184: 5-20.
27. Galić, Z., Pilipović, A., Orlović, S., Klašnja, B., Ivanišević, P., Kebert, M. (2008): Karakteristike zemljišta parkova u Novom Sadu i njihova opterećenost teškim metalima. *Topola* 181-182: 11-20.
28. Gardes, M., Bruns, T.D. (1993): ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology* 2: 113-118.
29. Giachetti, A., Ferrini, F., Bartoli, G. (2021): A risk analysis procedure for urban trees subjected to wind-or rainstorm. *Urban Forestry and Urban Greening* 58: 126941.
30. Gilman, E.F., Miesbauer, J.W., Masters, F.J. (2015): Structural pruning effects on stem and trunk strain in wind. *Arboriculture and Urban Forestry* 41(1): 3-10.
31. Goh, C.L., Rahim, R.A., Rahiman, M.H.F., Talib, M.T.M., Tee, Z.C. (2018): Sensing wood decay in standing trees: A review. *Sensors and Actuators A: Physical* 269: 276-282.
32. Guindon, S., Gascuel, O. (2003): A simple, fast, and accurate algorithm to estimate large phylogenies by maximum likelihood. *Systematic Biology* 52(5): 696-704.
33. Hilbert, D.R., Roman, L.A., Koeser, A.K., Vogt, J., van Doorn, N.S. (2019): Urban tree mortality: A literature review. *Arboriculture and Urban Forestry* 45(5): 167-200.
34. Icel, B., Güler, G. (2016): Nondestructive determination of spruce lumber wood density using drilling resistance (Resistograph) method. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 40(6): 900-907.
35. Johnson, T., Moore, G., Cameron, D., Brien, C. (2019): An investigation of tree growth in permeable paving. *Urban Forestry and Urban Greening* 43: 126374.
36. Karadžić, D., Keča, N., Milenković, I., Milanović, S., Stanivuković, Z. (2016): Šumska mikologija. Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci. Banja Luka, Bosna i Hercegovina.
37. Karličić, V., Zlatković, M., Jovičić-Petrović, J., Nikolić, M. P., Orlović, S., Raičević, V. (2021): *Trichoderma spp.* from pine bark and pine bark extracts: Potent biocontrol agents against Botryosphaeriaceae. *Forests* 12(12): 1731.
38. Kebert, M., Kostić, S., Rašeta, M., Stojanović, D. V., Stojnić, S., Orlović, S. (2023): Species-specific level variation in polyamines in coniferous and deciduous woody plant species in urban areas. *Horticulturae* 9(10): 1157.
39. Kebert, M., Kostić, S., Vuksanović, V., Gavranović Markić, A., Kiprovska, B., Zorić, M., Orlović, S. (2022): Metal-and organ-specific response to heavy metal-induced stress mediated by antioxidant enzymes' activities, polyamines, and plant hormones levels in *Populus deltoides*. *Plants* 11(23): 3246.
40. Klusak, P., Agarwala, M., Burke, M., Kraemer, M., Mohaddes, K. (2023): Rising temperatures, falling ratings: The effect of climate change on sovereign creditworthiness. *Management science*. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.4869>
41. Kostić, S., Kebert, M., Todorović, H., Pekeč, S., Zorić, M., Stojanović, D. B., Orlović, S. (2022): Soil horizon-dependent heavy metals, and micro-and macro-elements distributions: A case study of Futoški park (Novi Sad, Serbia). *Topola* 210: 15-27.

42. Kovačević, B., Igić, D. (2018): Efekat rane pripreme reznica i ekspozicije terena na preživljavanje i rast ožiljenica bele topole. *Topola* 201-202: 117-126.
43. Kovačević, B., Rončević, S., Dragana, M., Ivanišević, P., Katanić, M. (2009): Early shoot and root growth dynamics as indicators for the survival of black poplar cuttings. *New Forests* 38(2): 177-185.
44. Lakicevic, M., Reynolds, K.M., Orlovic, S., Kolarov, R. (2022): Measuring dendrofloristic diversity in urban parks in Novi Sad (Serbia). *Trees, Forests and People* 8: 100239.
45. Lakićević, M. D., Srđević, B. M. (2017): Multiplicative version of Promethee method in assesment of parks in Novi Sad. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke* (132): 79-86.
46. Le Roux, D. S., Ikin, K., Lindenmayer, D. B., Manning, A. D., Gibbons, P. (2014): The future of large old trees in urban landscapes. *PloS One* 9(6): e99403.
47. Lefort, V., Longueville, J. E., Gascuel, O. (2017): SMS: smart model selection in PhyML. *Molecular Biology and Evolution* 34(9): 2422-2424.
48. Li, P., Wang, Z.H. (2021): Environmental co-benefits of urban greening for mitigating heat and carbon emissions. *Journal of Environmental Management* 293: 112963.
49. Lindenmayer, D.B., Laurance, W.F., Franklin, J.F., Likens, G.E., Banks, S.C., Blanchard, W., Stein, J.A. (2014): New policies for old trees: averting a global crisis in a keystone ecological structure. *Conservation letters* 7(1): 61-69.
50. Luysaert, S., Schulze, E. D., Börner, A., Knohl, A., Hessenmöller, D., Law, B. E., Grace, J. (2008): Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455(7210): 213-215.
51. Luysaert, S., Schulze, E. D., Knohl, A., Law, B. E., Ciais, P., Grace, J. (2021): Reply to: Old-growth forest carbon sinks overestimated. *Nature* 591(7851): E24-E25.
52. Malhi, G. S., Kaur, M., Kaushik, P. (2021): Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability* 13(3): 1318.
53. Marković, M., Poljaković Pajnik, L., Drekić, M., Pap, P., Vasić, V., Orlović, S. (2011): Monitoring štetnih organizama u parkovima i drvoredima Novog Sada. *Biljni lekar* 39(6): 634-638.
54. Mattheck, C., Bethge K., Albrecht W. (1997): How to read the results of resistograph M. *Arboricultural Journal* 21: 331.-346.
55. Mattheck, C., Bethge K., Weber, K. (2015): *The body language of trees*, Verlag KIT Karlsruhe, Karlsruhe.
56. Mesarić, M. (2017): <http://www.medjimurska-priroda.info/2017/09/rezistografija-naplatani- u-nedeliscu/>
57. Mexia, T., Vieira, J., Príncipe, A., Anjos, A., Silva, P., Lopes, N., Freitas, C., Santos-Reis, M., Correria O., Branquinho, C., Pinho, P. (2018): Ecosystem services: Urban parks under a magnifying glass. *Environmental Research* 160: 469-478.
58. Meyer, S., Rusterholz, H.P., Baur, B. (2021): Saproxylic insects and fungi in deciduous forests along a rural–urban gradient. *Ecology and Evolution* 11(4): 1634-1652.
59. Miller, R.W., Hauer, R.J., Werner, L.P. (2015): *Urban Forestry: Planning and managing urban greenspaces* (3rd ed.). Waveland press
60. Milović, M., Kebert, M., Orlović, S. (2021): How mycorrhizas can help forests to cope with ongoing climate change?. *Šumarski list* 145: 279-286.
61. Milović, M., Vasić, V., Drekić, M., Kovačević, B., Pekeč, S., Galić, Z., Orlović, S. (2021): Diversity of ectomycorrhizal fungi associated with *Quercus petraea* in the National park Fruška gora in the republic of Serbia. *Šumarski list* 145: 547-556.
62. Negro P., (2009): Combined non-destructive and destructive tests for the mechanical characterization of old structural timber elements, 3rd International conference on Advances in Experimental Structural Engineering, San-Francisco.
63. Niemz, P., Mannes, D. (2012): Non-destructive testing of wood and wood-based materials. *Journal of Cultural Heritage* 13(3): S26-S34.

64. Ninić - Todorović, J., Ognjanov, V., Benka, P., Mladenović, E., Ljubojević, M., Čukanović, J., Blagojević, I., Kurjakov, A., Lazović, R. (2014): Strategija razvoja sistema zelenih prostora Grada Novog Sada 2015-2030. Novi Sad: Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
65. Nogués-Bravo, D., Araújo, M. B., Errea, M.P., Martínez-Rica, J.P. (2007): Exposure of global mountain systems to climate warming during the 21st century. *Global Environmental Change* 17: 420-428
66. Nowak, T. P., Jasieńko, J., Hamrol-Bielecka, K. (2016): In situ assessment of structural timber using the resistance drilling method–Evaluation of usefulness. *Construction and Building Materials* 102: 403-415.
67. Nowak, T., Karolak, A., Sobótka, M., Wyjadłowski, M: (2019): Assessment of the condition of wharf timber sheet wall material by means of selected non-destructive methods. *Materials* 12(9): 1532.
68. Orban, A., Weber, A., Herzog, R., Hennicke, F., Rühl, M. (2021): Transcriptome of different fruiting stages in the cultivated mushroom *Cyclocybe aegerita* suggests a complex regulation of fruiting and reveals enzymes putatively involved in fungal oxylipin biosynthesis. *BMC Genomics* 22: 1-23.
69. Orlović, S., Pilipović, A., Galić, Z., Ivanišević, P., Radosavljević, N. (2006): Results of poplar clone testing in field experiments. *Genetika* 38(3): 259-266.
70. Osborn, R.K., Ordóñez, M.E., Cognato, A.I. (2022): Ecuadorian Coptoborus beetles harbor *Fusarium* and *Graphium* fungi previously associated with *Euwallacea ambrosia* beetles. *Mycologia* 114(3): 487-500.
71. Pap, P., Drekić, M. Poljaković-Pajnik, L., Vasić, V., Marković, M., Zlatković, M., Stojanović, D.V. (2018): Monitoring and forecasting of harmful organisms in forests and plantations of Vojvodina, Serbia in 2018. *Topola* 201/202: 251-274.
72. Pap, P., Vasić, V., Poljaković Pajnik, L., Drekić, M., Marković, M., Zlatković, M., Stojanović, D. V. (2022): Olujni vetrovi u klonskim zasadima topola u Vojvodini. *Topola* 210: 65-72.
73. Pavlović, L., Stojanović, D. B., Kresoja, M., Stjepanović, S., Orlović, S., Bojović, M. (2017): Development of a species distribution model using machine learning methods. *Topola* 199-200: 167-175.
74. Pekeč, S., Katanić, M. (2019): Osobine zemljišta tipa Fluvisol na području srednjeg toka Dunava. *Zemljište i biljka* 68(2): 24-32.
75. Pilipović, A., Nikolić, N., Orlić, M., Petrović, N., Krstić, B. (2005): Ispitivanje sposobnosti fitoremedijacije nitrata različitih genotipova roda *Populus*. *Šumarstvo* 57(4): 35-44.
76. Pitti, A. R., Espinoza, O., Smith, R. (2020): The case for urban and reclaimed wood in the circular economy. *BioResources* 15(3): 5226-5245.
77. Quaranta, E., Dorati, C., Pistocchi, A. (2021): Water, energy and climate benefits of urban greening throughout Europe under different climatic scenarios. *Scientific Reports* 11(1): 12163.
78. Resanović, D. (2020): Primjena rezistografa u zaštiti stabala u gradovima na primjeru parka Sveučilišta u Zagrebu. *Veleučilište u Karlovcu, završni rad.*
79. RHMZ (2023): <http://www.hidmet.gov.rs/>.
80. Romagnoli, F., Cadei, A., Costa, M., Marangon, D., Pellegrini, G., Nardi, D., Cavalli, R. (2023): Windstorm impacts on European forest-related systems: An interdisciplinary perspective. *Forest Ecology and Management* 541: 121048.
81. Roman, L. A., Scatena, F. N. (2011): Street tree survival rates: Meta-analysis of previous studies and application to a field survey in Philadelphia, PA, USA. *Urban Forestry Urban Greening*, 10(4): 269-274.
82. Rozas, J., Ferrer-Mata, A., Sánchez-DelBarrio, J.C., Guirao-Rico, S., Librado, P., Ramos-Onsins, S.E., Sánchez-Gracia, A. (2017): DnaSP 6: DNA sequence polymorphism analysis of large datasets. *Molecular Biology and Evolution* 34: 3299-3302.

83. Seraya, L.G., Larina, G.E., Griboedova, O.G., Petrov, A.V., Zhukov, F.F. (2019): Phytomonitoring of woody plants in the urban agglomeration. In IOP Conference series: Earth and environmental science. IOP Publishing 350(1): 12038.
84. Speak, A.F., Salbitano, F. (2023): The impact of pruning and mortality on urban tree canopy volume. *Urban Forestry and Urban Greening*, 79: 127810.
85. Stevenson, G. (1982): A parasitic member of the *Bolbitiaceae* – *Agrocybe parasitica* sp. *New Zealand Journal of Forestry* 27: 130-133.
86. Stojanović, D., Orlović S., Zlatković M., Kostić S., Vasić V., Miletić B., Kesić L. (2021): Climate change within Serbian forests: Current state and future perspectives. *Topola* 208: 39-56.
87. Stojnić, S., Pekeč, S., Kebert, M., Pilipović, A., Stojanović, D., Stojanović, M., Orlović, S. (2016): Drought effects on physiology and biochemistry of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) saplings grown in urban area of Novi Sad, Serbia. *South-East European Forestry* 7(1): 57-63.
88. Suchocka, M., Swoczyna, T., Kosno-Jończy, J., Kalaji, H. M. (2021): Impact of heavy pruning on development and photosynthesis of *Tilia cordata* Mill. *Trees. PloS One* 16(8): e0256465.
89. Škorpík, P., Konrad, H., Geburek, T., Schuh, M., Vasold, D., Eberhardt, M., Schueler, S. (2018): Solid wood properties assessed by non-destructive measurements of standing European larch (*Larix decidua* Mill.): Environmental effects on variation within and among trees and forest stands. *Forests* 9(5): 276.
90. Tamura, K., Stecher, G., Kumar, S. (2021): MEGA11: molecular evolutionary genetics analysis version 11. *Molecular Biology and Evolution* 38(7): 3022-3027.
91. Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T., Prentice, I.C. (2005): Prentice climate change threats to plant diversity in Europe *Proc. Nat. Acad. Sci U.S.A.* 102: 8245-8250.
92. Tsarev, A., Tsareva, R., Tsarev, V., Miligula, E., Lenchenkova, O. (2020): Introduced poplar varieties and new hybrids for protective afforestation. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science IOP Publishing 595(1): 012004.
93. Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O.P., Viiri, H., Peltola, H. (2020): Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global Change Biology* 26(8): 4178-4196.
94. Vujković, Lj. (2003): Pejzažna arhitektura – planiranje i projektovaje. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
95. Vujković, Lj., Nećak, M., Vujičić, D. (2003): Tehnika pejzažnog projektovanja. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
96. Wacker, J., Wang, X., Ross, R., Brashaw, B. (2008): Condition assessment of historic wood vessels. In: 15th International symposium on nondestructive testing of wood; 10–12 September 2007; Duluth, MN, USA, pp. 223-226.
97. Walach, D., Jaskowska-Lemanska, J., Dybel, P. (2015): The impact of moisture content of wood on the results of non-destructive tests. *Annals of Warsaw University of life sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology*: 92.
98. Wang, R., Helbich, M., Yao, Y., Zhang, J., Liu, P., Yuan, Y., Liu, Y. (2019): Urban greenery and mental wellbeing in adults: Cross-sectional mediation analyses on multiple pathways across different greenery measures. *Environmental Research* 176: 108535.
99. White, T.J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J., Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J., White, T.J. (1990): Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In *PCR Protocols: A guide to methods and applications*: 315–322.
100. Wilkaniec, A., Borowiak-Sobkowiak, B., Irzykowska, L., Breś, W., Świerk, D., Pardela, Ł., Wielgus, K. (2021): Biotic and abiotic factors causing the collapse of *Robinia pseudoacacia* L. veteran trees in urban environments. *PLoS One* 16(1): e0245398.
101. Wong, N. H., Tan, C. L., Kolokotsa, D. D., Takebayashi, H. (2021): Greenery as a mitigation and adaptation strategy to urban heat. *Nature Reviews Earth Environment* 2(3): 166-181.

102. Yáñez, M. A., Zamudio, F., Espinoza, S., Ponce, M., Gajardo, J., Espinosa, C. (2021): Assessing wood properties on hybrid poplars using rapid phenotyping tools. *New Forests* 52: 397-410.
103. Zemek, R., Pastirčáková, K. (2023): Pests and pathogens of urban trees. *Forests* 14(8): 1653.
104. Zlatković, M. (2018b): *Botryosphaeriaceae*: prouzročivači rupičavosti i sušenja lišća, raka i vaskularnog sušenja lišćara u urbanim područjima u Srbiji, *Topola* 201/202: 167-178.
105. Zlatković, M., Keča, N., Wingfield, M. J., Jami, F., Slippers, B. (2016): *Botryosphaeriaceae* associated with the die-back of ornamental trees in the Western Balkans. *Antonie Van Leeuwenhoek* 109: 543-564.
106. Zlatković, M., Tenorio-Baigorria, I., Lakatos, T., Tóth, T., Koltay, A., Pap, P., Orlović, S. (2020): Bacterial canker disease on *Populus × euramericana* caused by *Lonsdalea populi* in Serbia. *Forests* 11(10): 1080.
107. Zlatković, M.; Wingfield, M.J.; Jami, F.; Slippers, B. (2018a): Host specificity of co-infecting *Botryosphaeriaceae* on ornamental and forest trees in the Western Balkans. *Forest pathology* 48: e12410.
108. Živanović, I., Todorović, N., Rakonjac, L., Jovanović, F. (2020): Mogućnosti procene kvaliteta drveta dubećih stabala primenom akustičnih metoda. *Sustainable forestry: Collection* 81-82: 121-132.