

ARBORIKULTURNA I DENDROKOLOŠKA ANALIZA STANJA STABALA DIVLJEG KESTENA (*Aesculus hippocastanum* L.) NA PODRUČJU GRADA VELIKE GORICE

ARBORICULTURAL AND DENDROECOLOGICAL ANALYSIS OF THE CONDITION OF HORSE CHESTNUT (*Aesculus hippocastanum* L.) TREES IN THE TOWN OF VELIKA GORICA

Vinko PAULIĆ¹, Damir DRVODELIĆ¹, Stjepan MIKAC¹, Goran GREGUROVIĆ², Milan ORŠANIĆ¹

Sažetak

U radu se analizira vitalitet, zdravstveno stanje, mehanička stabilnost i rast stabala divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum* L.) na području grada Velike Gorice. Uz pomoć vizualno kontrolne metode (Visual Tree Assessment), obavljena je arborikulturna analiza biološkog (vitalitet) i mehaničkog (statičkog) stanja starih i mladih stabala. Procjena vitaliteta obavljena je na osnovi skale od 1–5 te prema Roloffovom modelu (0–3). Korelacijska analiza klimatskih čimbenika (temperature i oborina) i indeksne kronologije stabala divljeg kestena provedena je uz pomoć programa DENDROCLIM. Istraživana mlada stabala divljeg kestena imaju slične dendrometrijske varijable (promjer i visina stabla, polumjer krošnje, udaljenost stabala), dok su kod starih stabala vidljive razlike s obzirom na lokacije koje su uvjetovane različitom starošću stabala, zahvatima ovršavanja krošanja i uvjetima staništa. Prsni promjeri starih stabala statistički se značajno razlikuju s obzirom na istraživane tri lokacije. Istraživana mlada stabla divljeg kestena u parku imaju statistički značajno veći vitalitet od onih u drvoredu, što se može protumačiti boljim ekološkim uvjetima. Najbolji vitalitet pokazuju stara stabla u parku, a najlošiji u drvoredu kod željezničkog kolodvora, dok najbolji vitalitet po Roloffu imaju stabla u Zagrebačkoj ulici, a najlošiji u parku. Prema evidentiranim simptomima i greškama drva mladih stabala utvrđeno je manje postotno učešće kod stabala u parku u odnosu na drvoredna stabla. Kod starih stabala divljeg kestena najveće postotno učešće simptoma i grešaka drva zabilježeno je u Zagrebačkoj ulici i u blizini željezničkog kolodvora, dok je manji udio evidentiran kod parkovnih stabla. Vizualno kontrolnom metodom uz dodatnu provjeru rezistografom, utvrđena su dva stara stabala koje trenutno treba ukloniti zbog narušene mehaničke čvrstoće te sigurnosti ljudi i imovine. Dendrokronološkom analizom utvrđen je velik senzibilitet u radijalnom prirastu stabala (0,08–8,17 mm). Utvrđena je značajna pozitivna ovisnost radijalnog prirasta o prosječnim količinama oborina u proljeće, dok je limitirajući učinak utvrđen za maksimalnu temperaturu zraka u proljeće.

KLJUČNE RIJEČI: arborikultura, vitalnost, statičko stanje stabala, divlji kesten, dendroekologija, vizualno kontrolna metoda – VTA.

¹ Vinko Paulić, dipl. ing. šum., email: vpaulic@sumfak.hr, doc. dr. sc. Damir Drvodelić, doc. dr. sc. Stjepan Mikac, prof. dr. sc. Milan Oršanić
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
HR-10 000 Zagreb, Svetošimunska 25

² Mr. sc. Goran Gregurović, Ministarstvo poljoprivrede
Uprava šumarstva, lovstva i drvne industrije
HR-10 000 Zagreb, Trg kralja Petra Krešimira IV br. 1.

1. UVOD INTRODUCTION

Čimbenici poput intenzivne urbanizacije, globalnih i lokalnih klimatskih promjena, naglih i značajnih odstupanja stabilne urbane mikroklimae, neodgovarajućih arborikulturnih zahvata i nekvalitetne prostorne valorizacije, doveli su do toga da urbana dendroflora sve više gubi svoju prvobitnu funkciju, opada joj vitalitet i urušava se opće zdravstveno stanje, ugrožava mehanička stabilnost i narušavaju estetska obilježja. Divlji kesten (*Aesculus hippocastanum* L.) vrlo je popularna drvoredna i parkovna vrsta i predstavlja važan element urbanog zelenila, koji je intenzivno izložen spomenutim negativnim čimbenicima. Na području grada Velika Gorica divlji kesten dobro je zastupljen, pa iz pisanih izvora možemo pratiti kako su krajem 19. stoljeća formirani gradski drvoredi i središnji velikogorički park. O formiranju i razvoju parka piše Laszowski (1910), Dubravica i Szabo (2007), a zanimljive opise „starog turopoljskog parka“ nalazimo i u prozi Matka Peića (1967). Božić i Huzjak (2006) pišu kako je 1887. godine u Velikoj Gorici posađeno 2000 sadnica divljeg kestena. Divlji kesten sadi se u parkovima i drvoredima okolnih sela (Novo Čiče, Buševac, Turopolje, Mraclin, Vukovina, Kuče, Kobilic). Sjeverni dio Marvinskog trga u Velikoj Gorici gdje su sađene prve sadnice divljeg kestena nosio je naziv Konjski trg, jer je služio za trgovanje konjima. Poslije Drugog svjetskog rata o uređenju mjesta brinula se općina, a zatim komunalna radna organizacija „Niskogradnja“, kasnije „Velkom“, a danas „VG Komunalac d.o.o.“.

Opće zdravstveno i estetsko stanje stabala divljeg kestena na području grada danas nije zadovoljavajuće. U posljednjih nekoliko godina primijećen je značajniji pad vitaliteta stabala, zbog čega su pojedina stabla u drvoredu posječena i zamijenjena mladim stablima iste vrste. Redovito godišnje održavanje ne provodi se na primjeren način, poput niza nužnih intervencija njege na stablima i tlu oko stabala: kontrole intenziteta napada biljnih bolesti i štetnika, kvalitetnog održavanja kolaca i spona kod usidrenih stabala, kontrole malčirane površine, prihrane, navodnjavanja, orezivanja (bez ovršavanja), prozračivanje tla i drugog.

Arborikulturna analiza predstavlja osnovu za određivanje arborikulturnih zahvata njege stabala, a temelji se na analizi stanja stabla i njegove neposredne okoline (staništa) (Matthey i Clark 1994; Štaleker 2009). Čimbenici koji se promatraju pri arborikulturnoj analizi mogu se podijeliti na dva segmenta: mehaničko i biološko gledište (Mattheck i Breloer 2004). Unutar biološkog gledišta ocjenjuje se vitalitet stabla s obzirom na stanje krošnje, osutost lišća, promjenu boje, prisutnost gljivičnih oboljenja i štetnika, suhih grana i ozljeda tkiva. U sklopu mehaničkog gledišta na osnovi simptoma oboljenja i grešaka drva određuje se mogućnost za lom ili izvalu stabla. Dodatne informacije o statičkoj stabilnosti stabla i njegovih dijelova mogu se dobiti

uporabom specijalnih arborikulturnih instrumenata za dijagnostiku, koji rade na principu mjerenja određenih svojstava drva (Nicolotti i Miglietta 1998; Johnstone i dr. 2015). Na osnovi informacija koje smo prikupili arborikulturnom analizom možemo se odlučiti na jedan ili više arborikulturnih zahvata njege stabala (Štaleker 2009; Gregurović 2011). Predloženi zahvati ne smiju ugroziti ili smanjiti sigurnosno i zdravstveno stanje stabala, ili smanjiti njegovu estetsku ulogu (Oven 2000).

U Hrvatskoj se arborikulturna analiza ili pregled stabla vizualnom metodom najčešće provodi uporabom vizualno kontrolne metode (Visual Tree Assessment) ili njezinih modifikacija (Gregurović 2011; Paulić i dr. 2012; Zec 2012; Pernek i dr. 2013; Huljenić 2014), iako su neki elementi (t/R omjer) ove metode predmet znanstvene kritike (Gruber 2008).

Povijesna i arboristička vrijednost velikogoričkih drvorednih i parkovnih stabala divljeg kestena bila je motiv za provedbu dendroekološke i dendrokronološke analize, a u cilju procjene klimatskih utjecaja na rast i razvoj stabala tijekom povijesti. Također, cilj rada je utvrditi utjecaj različitih urbanih lokacija na rast stabla, vitalitet i pojavu simptoma oboljenja i grešaka drva.

Rezultati provedenog istraživanja trebali bi poslužiti kvalitetnoj implementaciji arborikulturnih zahvata njege stabala u buduće planove gospodarenja s divljim kestenom na području grada Velike Gorice.

2. MATERIJALI I METODE MATERIALS AND METHODS

Uz pomoć vizualno kontrolne metode (Visual Tree Assessment) u skladu s Mattheck i Breloer (1994), obavljena je arborikulturna analiza biološkog (vitalitet) i mehaničkog stanja starih i mladih urbanih stabala divljeg kestena na tri lokacije (dva drvoreda i park) na području grada Velike Gorice. Za potrebe ovih istraživanja izabrana su dva najstarija drvoreda divljeg kestena, jedan u suburbanom području koji se nalazi u blizini željezničkog kolodvora, a podignut je u vrijeme izgradnje željezničke pruge i kolodvora 1862. godine. Drvored je danas s jedne strane omeđen asfaltiranim kolnikom, dok je s druge strane velika travnata površina. Zbog olujnog nevremena u prošlosti mnoga su stabla stradala i mnoga su posječena, pri čemu nije obavljena zamjenska sadnja. Drvored se redovito ovršava. Drugi istraživani drvored podignut 1903. godine nalazi se u strogom urbanom području u Zagrebačkoj ulici. Danas drvored raste u zelenom otoku koji je s jedne strane omeđen asfaltiranim kolnikom, a sa druge strane je velika travnata površina. Kako se cesta širila, tako se smanjivala udaljenost drvoreda od ruba kolnika i danas iznosi u prosjeku 2,0 m. Kao i u blizini željezničkog kolodvora, ovaj drvored se redovito ovršava. Zbog komparacije su izabrana stabla u središnjem Parku posađena 1901. godine. Stabla su posađena na zelene otoke između glavnih staza koje su prekrivene

manjim granitnim kockama. Parkovna stabla se također redovito ovršavaju.

U uzorak smo uzeli ukupno 101 stablo, od čega u drvoredu u Zagrebačkoj ulici 35 mladih i 17 starih, u parku 11 mladih i 21 starih, te u drvoredu u blizini željezničkog kolodvora 17 starih (mladih nema). U terenski obrazac za vizualno kontrolnu metodu (Gregurović 2011) upisivali smo opće podatke o stablu (opseg, visina, visina do prve žive grane, polumjer krošnje u glavnim smjerovima, međusobna udaljenost), procjenu vitaliteta, simptome oboljenja i greške drva te predložene arborikulturne zahvate njege stabala.

Simptomi oboljenja i greške drva zabilježene su pomnim vizualnim pregledom svakog dijela stabla prema Matthecku (2007). Pregled stabla obavljen je u travnju 2013. godine. Sve promjene na okolišu i stablima zabilježene su u prosudbeni obrazac tekstualno i dodijeljene su im kategorije prema Greguroviću (2011). Kategorije koje su upisivane su: negativna promjena, trulež drva, pukotina, manje i veće oštećenje.

Kategorija negativna promjena jedina se odnosila na stablo, kao i na stanište u kojemu se stablo razvija. U tu kategoriju zabilježene su sve negativne promjene na staništu koje mogu utjecati na rast stabla (erozija tla, zbijeno tlo, ograničen prostor za razvoj stabla, podizanje ili snižavanje razine tla itd). Negativne promjene na stablu su prepoznati biomehanički simptomi (zadebljanja, uleknuća, usukanost, nabori) na kori stabla i ostali simptomi (nagnutost, slabo kalusiranje, suhe grane, jako orezivanje, loša kvaliteta sadnog materijala, duboka sadnja, ranije listanje, 'V' rašlje, lišajevi, šupljine ispunjene betonom, daveće korijenje, strani predmeti na stablu, potmuo zvuk) koji odstupaju od tipičnog izgleda stabla. U kategorije pukotina upisivane su otvorene ili srasle pukotine, dok su u kategoriju trulež drva upisivani simptomi šupljine, plodišta gljiva truležnica ili vidljiva trulež.

Kategorije manje i veće oštećenje odnose se na greške drva uzročnika mehaničke ili fizičke prirode (lomovi grana, ozljede, mehaničko oštećenje i suncožar kore), koji ukoliko zauzimaju više od 1/3 opsega stabla svrstavane su u kategoriju većeg oštećenja.

Opsezi stabala mjereni su mjernom vrpcom, dok su visine, polumjeri krošnje i međusobne udaljenosti (kompeticija) mjereni Vertex III daljinomjerom (Haglöf, Švedska). Procjena vitaliteta obavljena je na osnovi skale od 1 do 5 (Gregurović 2011) te prema Roloffovom modelu od 0 do 3 (Roloff 2001). Prikupljeni su i ostali čimbenici važni za što bolje tumačenje dobivenih dendroekoloških podataka (godine ovršavanja krošanja, napad bolesti i štetnika, udaljenost stabla od ceste ili nogostupa i veličina zelenog otoka).

U prvom koraku analize korišten je osnovni arborikulturni alat (gumeni čekić, voćarski nožić), a u situacijama kad su primijećeni određeni simptomi ili greške koji bi mogli upućivati na unutarnje oštećenje stabla, koristili smo specijalni

arborikulturni dijagnostički instrument rezistograf IML Resi F500 (Instrumenta Mechanik Labor System, Njemačka). Rezistograf služi za određivanje debljine zdravog drva („t“) u odnosu na polumjer stabla na mjestu mjerenja („R“). Analiza t/R odnosa napravljena je pomoću programa F-Tools Pro (Instrumenta Mechanik Labor System, Njemačka). Uz pomoć rezistografa ispitano je ukupno 13 stabala, od čega 10 u parku i 3 u drvoredu u Zagrebačkoj ulici.

Za potrebe dendrokronološke analize uzet je jedan izvrtak Presslerovim svrdlom po stablu na prsnoj visini ($d_{1,30}$). U analizu je uključeno 9 parkovnih stabala. Izvrtci su odmah po vađenju ljepljeni u izrađene drvene predloške. Nakon sušenja pristupilo se standardnoj gruboj i finoj obradi izvrtaka, koristeći razne granulacije brusnoga papira. Izmjera širine godova do preciznosti od 0,01 mm napravljena je na instrumentu LINTAB (Rinntech, Njemačka) pomoću programa TSAP-Win. Datiranje obrađenih izvrtaka u individualnu kronologiju napravljeno je u programu CDendro 7.3. Za analizu kontrole kvalitete datiranja korišten je program COFECHA (Holmes 1983). Uklanjanje varijabilnosti uzrokovane biološkim trendom rasta napravljeno je uz pomoć programa ARSTAN (Grissino-Mayer i dr. 1992). Standardna indeksna kronologija napravljena je koristeći srednju dvotežinsku procjenu (*biweightmean*). Tako dobivena standardna indeksna kronologija (*TRI*) korelirana je s mjerenim raspoloživim podacima obližnje meteorološke postaje Pleso za razdoblje mjerenja od 1922. do 2009. godine. Korelacijska analiza klimatskih čimbenika (temperature i oborina) i indeksne kronologije stabala divljeg kestena provedena je uz pomoć programa DENDROCLIM (Biondi i Waikul 2004). Podaci su obrađeni uz pomoć paketa Microsoft Excel i Statistica 7.1. (StatSoft, Inc. 2003).

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

U tablici 1. prikazani su rezultati deskriptivne statistike značajnijih dendrometrijskih varijabli i vitaliteta mladih i starih stabala divljeg kestena na tri lokacije na području grada Velike Gorice.

Prosječna visina mladih (zamjenskih) stabala u drvoredu u Zagrebačkoj ulici iznosila je 6 m (3,9–8,8 m), a starih 15,1 m (11,2–19,9 m). Prosječna visina mladih (zamjenskih) stabala posađenih u parku iznosila je 6,8 m (4–20 m), a starih 18,9 m (11,4–23,3 m).

Prosječna visina starih stabala u drvoredu u blizini željezničkog kolodvora iznosila je 13,4 m (10,3–16,2 m). Veće razlike u visinama mladih drvodrednih stabala na lokaciji park uvjetovane su različitom starosti mladih stabala radi pojedinačne zamjenske sadnje, dok su mlada stabala u drvoredu u Zagrebačkoj podjednakih visina. Najmanja visina drvodrednih stabala zabilježena je u drvoredu u blizini željezničkog kolodvora koja je uvjetovana starošću drvoreda, kao i jačim zahvatima ovršavanja krošnje u prošlosti.

Tablica 1. Deskriptivna statistika značajnijih dendrometrijskih varijabli i vitaliteta mladih i starih stabla divljeg kestena na tri lokacije na području grada Velike Gorice**Table 1** Descriptive statistics of more significant dendrometrical variables and vitality of young and old horse chestnut trees on the territory of Velika Gorica

| Varijable Variables | Lokacija Location | Dob Years | N | Mean | Min. | Max. | Var. | Std.Dev. |
|---|------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|----------|
| Promjer (cm)/DBH (cm) | Zagrebačka ulica/Zagrebacka Street | Mlada/Young | 35 | 12 | 6 | 18 | 16 | 4 |
| Vitalitet (1–5)/Vitality (1–5) | | | 32 | 3,13 | 1,00 | 5,00 | 1,73 | 1,31 |
| Visina (m)/Height (m) | | | 35 | 6,0 | 3,9 | 8,8 | 2,1 | 1,5 |
| Visina do prve žive grane (m)/Height to first live branch (m) | | | | 2,4 | 1,8 | 3,3 | 0,1 | 0,4 |
| Polumjer krošnje S-J (m)/Crown radius N-S (m) | | | | 3,2 | 1,2 | 6,1 | 2,2 | 1,5 |
| Polumjer krošnje I-Z (m)/Crown radius E-W (m) | | | 3,3 | 0,8 | 6,0 | 2,3 | 1,5 | |
| Udaljenost stabala (m)/Tree distance (m) | | | 34 | 7,0 | 5,4 | 18,6 | 7,2 | 2,7 |
| Promjer (cm)/DBH (cm) | | Stara/Old | 17 | 60 | 45 | 71 | 51 | 7 |
| Vitalitet (1–5)/Vitality (1–5) | | | 13 | 3,23 | 3,00 | 4,00 | 0,19 | 0,44 |
| Roloffov vitalitet (0–3)/Roloff vitality (0–3) | | | 3,23 | 3,00 | 4,00 | 0,19 | 0,44 | |
| Visina (m)/Height (m) | | | 15,1 | 11,2 | 19,9 | 3,9 | 2,0 | |
| Visina do prve žive grane (m)/Height to first live branch (m) | | | 4,0 | 2,7 | 5,8 | 0,6 | 0,7 | |
| Polumjer krošnje S-J (m)/Crown radius N-S (m) | | | 17 | 10,5 | 8,6 | 13,0 | 1,3 | 1,1 |
| Polumjer krošnje I-Z (m)/Crown radius E-W (m) | | | 8,7 | 4,3 | 10,6 | 2,1 | 1,4 | |
| Udaljenost stabala (m)/Tree distance (m) | 8,5 | 5,6 | 26,1 | 26,6 | 5,2 | | | |
| Promjer (cm)/DBH (cm) | Park/Park | Mlada/Young | 11 | 11 | 8 | 25 | 34 | 6 |
| Vitalitet (1–5)/Vitality (1–5) | | | 5 | 4,80 | 4,00 | 5,00 | 0,20 | 0,45 |
| Visina (m)/Height (m) | | | 11 | 6,8 | 4,0 | 20,0 | 31,5 | 5,6 |
| Visina do prve žive grane (m)/Height to first live branch (m) | | | | 2,7 | 2,0 | 5,1 | 1,3 | 1,1 |
| Polumjer krošnje S-J (m)/Crown radius N-S (m) | | | | 3,1 | 1,0 | 14,2 | 15,7 | 4,0 |
| Polumjer krošnje I-Z (m)/Crown radius E-W (m) | | | 2,9 | 0,6 | 13,0 | 14,5 | 3,8 | |
| Udaljenost stabala (m)/Tree distance (m) | | | 12,0 | 7,5 | 20,6 | 20,5 | 4,5 | |
| Promjer (cm)/DBH (cm) | | Stara/Old | 21 | 67 | 50 | 92 | 108 | 10 |
| Vitalitet (1–5)/Vitality (1–5) | | | | 3,52 | 2,00 | 5,00 | 0,56 | 0,75 |
| Roloffov vitalitet (0–3)/Roloff vitality (0–3) | | | | 2,19 | 1,00 | 3,00 | 0,26 | 0,51 |
| Visina (m)/Height (m) | | | | 18,9 | 11,4 | 23,3 | 7,6 | 2,8 |
| Visina do prve žive grane (m)/Height to first live branch (m) | | | | 4,4 | 2,9 | 5,2 | 0,5 | 0,7 |
| Polumjer krošnje S-J (m)/Crown radius N-S (m) | | | | 8,9 | 3,7 | 14,4 | 6,9 | 2,6 |
| Polumjer krošnje I-Z (m)/Crown radius E-W (m) | | | | 10,3 | 5,7 | 20,0 | 9,3 | 3,1 |
| Udaljenost stabala (m)/Tree distance (m) | 10,1 | 5,6 | 18,5 | 16,1 | 4,0 | | | |
| Promjer (cm)/DBH (cm) | Želji. kolodvor Railway Station | Stara/Old | 17 | 78 | 60 | 101 | 137 | 12 |
| Vitalitet (1–5)/Vitality (1–5) | | | | 2,59 | 2,00 | 3,00 | 0,26 | 0,51 |
| Roloffov vitalitet (0–3)/Roloff vitality (0–3) | | | | 2,71 | 2,00 | 3,00 | 0,22 | 0,47 |
| Visina (m)/Height (m) | | | | 13,4 | 10,3 | 16,2 | 3,1 | 1,8 |
| Visina do prve žive grane (m)/Height to first live branch (m) | | | | 3,3 | 2,3 | 4,9 | 0,5 | 0,7 |
| Polumjer krošnje S-J (m)/Crown radius N-S (m) | | | | 7,5 | 4,0 | 11,1 | 3,5 | 1,9 |
| Polumjer krošnje I-Z (m)/Crown radius E-W (m) | | | | 7,2 | 2,6 | 11,6 | 5,6 | 2,4 |
| Udaljenost stabala (m)/Tree distance (m) | | | | 16 | 17,0 | 5,5 | 68,5 | 315,0 |

Prosječni polumjer krošnje mladih (zamjenskih) stabala u drvoredu u Zagrebačkoj ulici i parku je sličan i iznosio je 3,2 m (smjer S-J) i 3,3 m (smjer I-Z) za drvoredu u Zagrebačkoj i u parku 3,1 m (smjer S-J) i 2,9 m (smjer I-Z). Kod starih stabala uočena je veća varijabilnost u polumjeru krošanja između smjerova unutar lokacije i između lokacija. Najmanji polumjeri krošanja su kod starih stabala u blizini željezničkog kolodvora (7,5 m za smjer S-J i 7,2 m za smjer

I-Z), što je kao i kod izmjerenih visina uvjetovano starošću i prethodnim zahvatima. Stara stabla u drvoredu u Zagrebačkoj ulici imaju manji polumjer krošnje u smjeru prometnice (I-Z 8,7 m) u odnosu na smjer pružanja zelenog otoka (S-J 10,5 m). S obzirom na prosječnu udaljenost od prometnice (2 m), kod većeg broja stabala krošnja ulazi u prostor prometnice i povod je češćim zahvatima orezivanja krošnje.

Prosječan prsni promjer mladih (zamjenskih) stabala u drvoredu u Zagrebačkoj ulici iznosio je 12 cm (6–18 cm), a starih 60 cm (45–71 cm). Prosječan prsni promjer mladih (zamjenskih) stabala posađenih u parku iznosio je 11 cm (8–25 cm), a starih 67 cm (50–92 cm).

Prosječan promjer starih stabala u drvoredu u blizini željezničkog kolodvora iznosio je 78 cm (60–101 cm). U ovom drvoredu utvrđeno je najdeblje stablo divljeg kestena od 101 cm prsnog promjera.

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika u prsnim promjerima starih stabala s obzirom na istraživane lokacije ($F=13,836$, $p<0,01$). Najmanji prosječni prsni promjeri od 60 cm utvrđeni su kod starih drvodrednih stabala u Zagrebačkoj ulici sađenih 1903. godine, slijede prsni promjeri stabala u parku koja su sađena 1901. godine (67 cm) te prsni promjeri stabala u drvoredu u blizini željezničkog kolodvora sađenih oko 1862. godine (78 cm).

Ovdje je potvrđen poznati utjecaj pozitivnih korelacija između prostora za rast stabala i njihovih konačnih dimenzija. Osim prostora za rast, na dimenzije stabala utječe kvaliteta tla, klima kompeticija, lokacija (urbana, suburbana), arborikulturni zahvati njege stabala i održavanju te infrastrukturni i građevinski zahvati u njihovoj neposrednoj blizini.

U ovim istraživanjima utvrdili smo statistički značajne razlike u općenitom vitalitetu između mladih stabala u drvoredu u Zagrebačkoj ulici i parku ($p<0,01$).

Vitalitet mladih (zamjenskih) stabala u parku je kod 90,9 % stabala imao ocjenu 5, dok je 9,1 % stabala bilo s ocjenom 4. Kod mladih stabala u Zagrebačkoj ulici vitalitet stabala

Tablica 2. Analiza varijance za prsne promjere stabala divljeg kestena na tri lokacije na području grada Velike Gorice

Table 2 Variance analysis for diameters at breast height of horse chestnut trees on three locations on the territory of Velika Gorica

| Varijable Variable | SS | DF | MS | F | p |
|-----------------------|----------|----|----------|----------|----------|
| Intercept | 253033,8 | 1 | 253033,8 | 2549,992 | 0,000000 |
| Lokacija/ Location | 2745,8 | 2 | 1372,9 | 13,836 | 0,000015 |
| Error | 5159,9 | 52 | 99,2 | | |

Slika 3. Standardizirana kronologija radijalnog prirasta stabala divljeg kestena u Velikoj Gorici i značajnijih klimatskih čimbenika za razdoblje od 1922. do 2009. godine

Figure 3 Standardized chronology of radial growth of horse chestnut trees in Velika Gorica and more significant climatic factors for the period between 1922 and 2009

| Varijable Variable | Rank Sum | Rank Sum | U | Z | p-level | Z | p-level | Valid N | Valid N | 2*1 sided |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|-----------|
| Vitalitet/ Vitality | 379.0000 | 567.0000 | 39.00000 | 3.813410 | 0.000137 | 3.963814 | 0.000074 | 11 | 32 | 0.000039 |

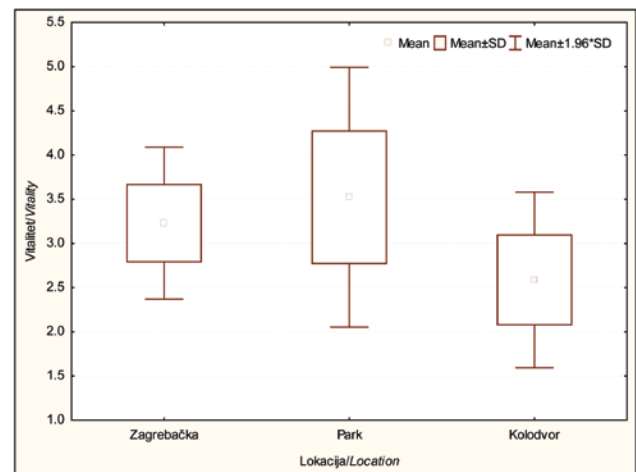
Tablica 4. Postotno učešće ocjene općenitog vitaliteta mladih i starih stabala divljeg kestena u Velikoj Gorici

Table 4 Percentages of general vitality ratings of young and old horse chestnut trees in Velika Gorica

| Vitalitet (1–5) Vitality (1–5) | Mlada/Young | | Stara/Old | | |
|---|--------------|---|--------------|---|---|
| | Park Park | Zagrebačka ulica Zagrebacka Street | Park Park | Zagrebačka ulica Zagrebacka Street | Želj. Kolodvor Railway Station |
| 1 | – | 15.6 | – | – | – |
| 2 | – | 12.5 | 9.5 | – | 41.2 |
| 3 | – | 34.4 | 33.3 | 76.9 | 58.8 |
| 4 | 9.1 | 18.8 | 52.4 | 23.1 | – |
| 5 | 90.9 | 18.8 | 4.8 | – | – |

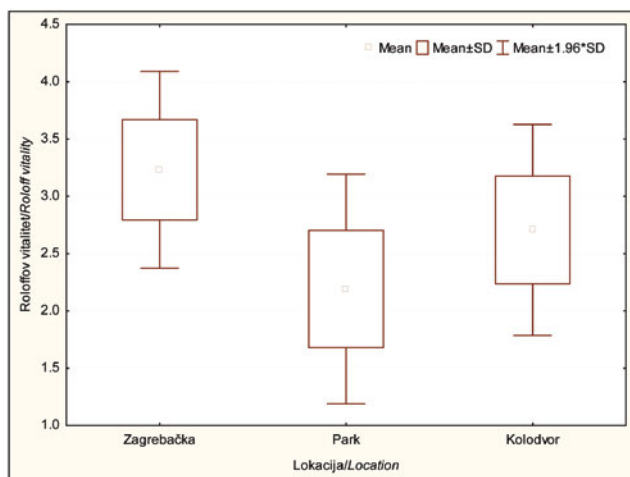
je bio lošiji i 28,1 % stabala je imalo loš ili vrlo loš vitalitet (ocjena vitaliteta 1 i 2).

Neparametrijskim Kruskal Wallisovim testom utvrđena je statistički značajna razlika u općenitom vitalitetu ($p<0,01$) starih stabala s obzirom na istraživane lokacije. Najmanji vitalitet zabilježen je kod stabala u blizini željezničkog kolodvora. Ona se razlikuju od stabala u parku, dok nije zabilježena značajna razlika s obzirom na stabla u Zagrebačkoj



Slika 1. Općeniti vitalitet stabala divljeg kestena na tri lokacije na području grada Velike Gorice

Figure 1 General vitality of horse chestnut trees on three locations on the territory of Velika Gorica



Slika 2. Vitalitet stabala divljeg kestena prema modelu Roloffa na tri lokacije na području grada Velike Gorice

Figure 2 Horse chestnut tree vitality according to Roloff's model on three locations on the territory of Velika Gorica

ulici. Prema ocjenama općeg vitaliteta kod drvoreda u blizini željezničkog kolodvora zabilježeno je najviše starih stabala lošeg vitaliteta (41,2 %), dok kod starih stabala u parku ima najviše s ocjenama 4 i 5 (57,2 %).

Kruskal Wallisovim testom utvrđena je razlika u vitalitetu prema modelu Roloffa ($p < 0,01$) s obzirom na lokacije istraživanja. Najmanja izbojna snaga prema vitalitetu Roloffa je zabilježena kod stabala u parku i ona se značajno razlikuje od stabala u Zagrebačkoj ulici, dok nije utvrđena značajna razlika u odnosu na stabla u blizini željezničkog kolodvora.

S obzirom na evidentirane simptome i greške drva, utvrđene su velike razlike između mladih i starih stabala te između istraživanih lokacija.

U tablici 5. prikazano je postotno učešće simptoma s obzirom na mjesto pojave na mladim i starim stablima na tri lokacije na području grada Velike Gorice.

Tablica 5. Postotno učešće simptoma s obzirom na mjesto pojave na mladim i starim stablima na tri lokacije na području grada Velike Gorice

Table 5 Percentages of symptoms with respect to the place of appearance on young and old trees on three locations on the territory of Velika Gorica

| Mjesto/Place | Simptom Symptom | Zagrebačka-drvoređ Zagrebacka Street-alley | | Park/Park | | Želj. kolodvor-drvoređ Railway Station-alley |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------|----------------|--------------|---|
| | | Mlada Young | Stara Old | Mlada Young | Stara Old | Stara/Old |
| Stanište/Habitat | Negativna promjena Adverse charges | 2,9 | – | – | – | 17,7 |
| Korijenov vrat/Root collar | | 2,9 | – | – | 9,5 | 11,8 |
| Pridanak debla/Trunk flare | | 45,7 | 52,9 | 9,1 | 9,5 | 11,8 |
| Deblo/Trunk | | 57,1 | 76,5 | 9,1 | 66,7 | 70,6 |
| Prijelaz u krošnju/Crown transition | | 2,9 | 11,8 | 9,1 | 42,9 | 70,6 |
| Debalca/Scaffold branches | | – | 76,5 | – | – | – |
| Krošnja/Crown | | 8,6 | 11,7 | 9,1 | 52,4 | – |
| Pridanak debla/Trunk flare | Trulež drva Wood rot | 17,1 | 52,9 | – | – | – |
| Deblo/Trunk | | 22,9 | 82,4 | – | – | – |
| Prijelaz u krošnju/Crown transition | | – | 5,9 | – | – | – |
| Debalca/Scaffold branches | | – | 64,7 | – | 19,05 | – |
| Krošnja/Crown | | – | 5,9 | – | – | – |
| Korijenov vrat/Root collar | Pukotina Crack | 2,9 | – | – | – | – |
| Pridanak debla/Trunk flare | | 34,3 | 23,5 | – | – | 5,9 |
| Deblo/Trunk | | 34,3 | 29,4 | – | 4,8 | – |
| Prijelaz u krošnju/Crown transition | | 2,9 | – | – | – | 5,9 |
| Debalca/Scaffold branches | | – | 41,2 | 18,2 | 57,1 | 17,7 |
| Krošnja/Crown | | – | 5,9 | – | – | – |
| Korijenov vrat/Root collar | Manje oštećenje Minor damage | – | – | 18,2 | 47,6 | 23,5 |
| Pridanak debla /Trunk flare | | – | 17,7 | – | 19,1 | 17,7 |
| Deblo/Trunk | | 11,4 | 11,8 | 9,1 | 4,8 | 35,3 |
| Prijelaz u krošnju/Crown transition | | – | 5,9 | – | 4,8 | 17,7 |
| Debalca/Scaffold branches | | – | 5,9 | – | 4,8 | – |
| Krošnja/Crown | | – | – | 18,2 | 9,5 | 11,8 |
| Korijenov vrat/Root collar | Veće oštećenje Greater damage | – | – | – | – | 17,7 |
| Pridanak debla/Trunk flare | | 45,7 | 17,7 | – | 9,5 | 17,7 |
| Deblo/Trunk | | 60 | 70,6 | – | 14,3 | 58,8 |
| Prijelaz u krošnju/Crown transition | | 5,7 | 5,9 | – | 9,5 | 41,2 |
| Debalca/Scaffold branches | | – | 52,9 | 18,2 | 81 | 100 |
| Krošnja/Crown | | 8,6 | – | – | 23,8 | 70,6 |

Kod mladih drvorednih stabala u Zagrebačkoj ulici najčešći simptomi su veće oštećenje na deblu (60 %), negativna promjena na deblu (57,1 %), veće oštećenje na pridanku debla i negativna promjena na pridanku debla (45,7 %), pukotine na pridanku debla i pukotine na deblu (34,3 %) te trulež na deblu (22,9 %). Kod starih drvorednih stabala u Zagrebačkoj ulici najčešći simptomi su trulež na deblu (82,4 %), negativna promjena na deblu i debalcima (76,5 %), veće oštećenje na deblu (70,6 %), trulež na debalcima, negativna promjena na pridanku debla, trulež drva i veće oštećenje na debalcima (52,9 %), pukotina na debalcima (41,2 %), pukotina na deblu (29,4 %) i pukotina na pridanku debla (23,5 %).

Kod mladih stabala u parku najčešći simptomi su pukotina na debalcima, manje oštećenje na korijenovom vratu i manje oštećenje u krošnji (18,2 %). Kod starih parkovnih stabala najčešći simptomi su veće oštećenje na debalcima (81,0 %), negativna promjena na deblu (66,7 %), pukotina na debalcima (57,1 %), negativna promjena u krošnji (52,4 %), manje oštećenje na žilištu, negativna promjena na prijelazu u krošnju (42,9 %), veće oštećenje u krošnji (23,8 %), trulež na debalcima i manje oštećenje na pridanku debla (19,1 %).

Kod starih drvorednih stabala u blizini željezničkog kolodvora najčešći simptomi su veće oštećenje na debalcima

(100 %), negativna promjena na deblu i prijelazu u krošnju, veće oštećenje u krošnji (70,6 %), veće oštećenje na deblu (58,8 %), veće oštećenje na prijelazu u krošnju (41,2 %), manje oštećenje na deblu (35,3 %) i manje oštećenje na žilištu (23,5 %).

Rezistograflanjem je ispitano ukupno 13 stabala na dvije lokacije. Ispitna stabla odabrana su na temelju vanjskih simptoma i grešaka drva koji su zahtijevali dodatnu instrumentalnu provjeru. Analizom rezistograma određena su područja sa šupljinom u deblu i sa započetom razgradnjom drva. Na temelju prethodnog pregleda vizualno kontrolnom metodom i rezultata rezistograflanja, određena su dva stabala koja su imala odnos t/R (0,37 i 0,30) blizu granične vrijednosti ($t/R \geq 0,32$) koje je potrebno ukloniti.

Dendrokronološkom analizom obuhvaćeno je devet stabala i utvrđena je njihova dob u granicama od 65–129. godina, što koincidira s povijesnim dokumentima o vremenu sadnje prvih stabala divljeg kestena u Velikoj Gorici (1887). Na analiziranim stablima dobiven je raspon širine godova od 0,08–8,17 mm ili u prosjeku 1,95 mm. Utvrđena je visoka korelacija između analiziranih serija, što upućuje na podjednak radijalni prirast svih 9 stabala. Utvrđen je velik senzibilitet radijalnog prirasta, a to je i karakteristika klimatski osjetljivih vrsta.

Tablica 6. Analiza i rezultati rezistografiranja stabala divljeg kestena u parku i drvoredu u Zagrebačkoj ulici u Velikoj Gorici

Table 6 Analysis and results of resistography of horse chestnut alley and park trees in Zagrebačka Street in Velika Gorica

| R.b. O.n. | Lokacija Location | $d_{1,30}$ (cm) DBH (cm) | Simptom Symptom | Visina bušenja (cm) Drilling height (cm) | Smjer Direction | Šupljina Cavity | Trulež drva Wood decay | t/R | Uklanjanje Removal |
|--------------|---|-----------------------------|---|---|--------------------|--------------------|---------------------------|------|-----------------------|
| 1 | Park/Park | 67 | Pukotina s odlublivanjem <i>Crack with fall off</i> | 130 | JZ/SW | + | + | 0,37 | + |
| 2 | | 63 | Ulegnuće na pridanku <i>Depressed on the trunk flare</i> | 30 | I/E | | + | 0,78 | |
| 3 | | 64 | Oštećenje na pridanku <i>Damage on the trunk flare</i> | 30 | SZ/NW | + | + | 0,97 | |
| 4 | | 70 | Zvonolik oblik pridanka <i>Bell-shaped trunk flare</i> | 127 | SZ/NW | + | + | 1,00 | |
| 5 | | 51 | Kalusirana uzdužna pukotina <i>Callus on the longitudinal cracks</i> | 124 | SZ/NW | + | + | 0,98 | |
| 6 | | 68 | Zadebljanje na deblu <i>Bulge on the trunk</i> | 96 | JI/SE | | + | 0,99 | |
| 7 | | 62 | Zadebljanje zbog torzije <i>Torsion bulge</i> | 77 | JZ/SW | + | + | 0,98 | |
| 8 | | 92 | Torzija debla <i>Trunk torsion</i> | 84 | JI/SI | + | + | 0,53 | |
| 9 | | 78 | Zadebljanje zbog torzije <i>Torsion bulge</i> | 127 | JI/SI | | + | 0,90 | |
| 10 | | 57 | Vertikalno zadebljanje <i>Vertical bulge</i> | 113 | JZ/SW | | + | 0,84 | |
| 11 | Drvored- Zagrebačka Zagrebačka alley | 66 | Plodišta gljive na pridanku <i>Fruiting bodies of fungi on the trunk flare</i> | 30 | JZ/SW | + | + | 0,30 | + |
| 12 | | 66 | „V” rašlje <i>„V” fork</i> | 134 | Z/W | + | + | 0,88 | |
| 13 | | 54 | Zadebljanje na deblu <i>Bulge on the trunk</i> | 124 | JZ/SW | + | + | 0,59 | |

Tablica 7. Dendrokronološka analiza stabala divljeg kestena u Velikoj Gorici**Table 7** Dendrochronological analysis of horse chestnut trees in Velika Gorica

| Varijbla/Variable | Corr | Mean | Median | SD | Skew | Sens1 | Sens2 | Gini | Ar1 |
|------------------------|------|--------|--------|--------|------|-------|-------|------|------|
| Aritm. sredina/Average | 0.74 | 199.45 | 169.63 | 132.78 | 0.95 | 0.42 | 0.40 | 0.36 | 0.64 |

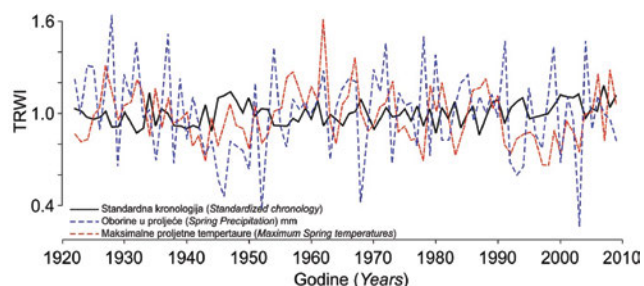
Analizom dostupnih podataka o njezi i održavanju stabala divljeg kestena u Velikoj Gorici, utvrđeno je kako je ovršavanje stabala u parku obavljeno za vrijeme mirovanja vegetacije 1997. godine, a značajniji napadi kestenovog moljca minera zabilježeni su u 2000. i 2001. godini. Zbog ne vođenja dnevnika arborikulturnih zahvata na stablima, u prošlosti nije bilo moguće preciznije utvrditi utjecaj napada biljnih bolesti i štetnika te ovršavanja stabala na radijalni prirast.

Utvrđena je pozitivna korelacija radijalnog prirasta s oborinama u proljeće ($R^2=0,24$), a negativna s prosječnom temperaturom zraka u proljeće ($R^2=-0,24$) i prosječnom maksimalnom temperaturom zraka u proljeće ($R^2=-0,25$).

Na slici 3. mogu se uočiti određene zakonitosti radijalnog prirasta i klime. Utvrđeno je kako je radijalni prirast bio u ovisnosti s količinama oborina u proljeće i maksimalnom temperaturom zraka u proljeće.

Tablica 8. Korelacija radijalnog prirasta stabala divljeg kestena u Velikoj Gorici s klimatskim čimbenicima za razdoblje od 1922. do 2009. godine.
Table 8 Correlation between radial growth of horse chestnut trees in Velika Gorica and climatic factors for the period between 1922 and 2009

| R^2 | Varijbla Variable | Opis varijable Description of the variables |
|-------|----------------------|--|
| 0,24 | PPT_sp | Oborine u proljeće Precipitation in spring |
| -0,24 | Tave_sp | Prosječna temperatura zraka u proljeće Average temperature in spring |
| -0,25 | Tmax_sp | Prosječna maksimalna temperatura zraka u proljeće Average maximum temperature in spring |

**Slika 3.** Standardizirana kronologija radijalnog prirasta stabala divljeg kestena u Velikoj Gorici i značajnijih klimatskih čimbenika za razdoblje od 1922. do 2009. godine**Figure 3** Standardized chronology of radial growth of horse chestnut trees in Velika Gorica and more significant climatic factors for the period between 1922 and 2009

4. RASPRAVA DISCUSSION

Divlji je kesten poznato drvo široke i guste krošnje koje se puno upotrebljava za podizanje drvoreda. Prema Horvatu (1943) preporučeni razmak kod podizanja drvoreda s vrstama koje imaju široku krošnju kao što su javori, kesteni, gledičije i hrastovi iznosi od 7 do 9 m. Utvrđeni razmak između mladih drvorednih stabala divljeg kestena u Zagrebačkoj ulici iznosio je od 5,4–18,6 m, dok je razmak između starih stabala iznosio od 5,6–26,1 m. Utvrđeni razmak između mladih stabala u parku iznosio je od 7,5–20,6 m, dok je razmak između starih stabala iznosio od 5,5–18,5 m. Razmak između starih drvorednih stabala u blizini Željeznikog kolodvora bio je od 5,5–68,5 m. Ovako velika varijabilnost u razmacima govori nam kako su pojedina stara stabla uklonjena i nisu zamijenjena sadnjom mladih stablima na isto mjesto. Prvotni razmak sadnje kod svih stabla iznosio je oko 5,5 m, međutim radi zamjene podzemne infrastrukture, izgradnje parkirališnih mjesta i slabog općeg stanja došlo je do povećanja razmaka između stabala čime je drvored izgubio svoju prvobitnu funkciju.

Prilikom selekcije vrsta za sadnju, krajobrazni arhitekti u državama središnje i sjevero-zapadne Europe koriste relativno velik broj vrsta, dok u urbanim područjima dominiraju svega tri do četiri roda kao što su *Platanus*, *Aesculus*, *Acer* i *Tilia*. Stabla divljeg kestena sudjeluju sa 5–10 % od ukupnog broja posađenih drvorednih stabala na popločanim površinama u zemljama sjeverne Europe (Fostad i Pedersen 1997; Sæbø i dr. 2003), a često predstavljaju najstarije arborističke cjeline u Europskim gradovima (Hegedüs i dr. 2011).

Vrste drveća široke krošnje, npr. rodovi *Acer*, *Aesculus* i *Tilia* često se sade na uskim pločnicima. U takvim situacijama grane mogu dosežati do građevina, pa se stvara jaka zasjena koja uzrokuje druge probleme. Istraživanjem je utvrđeno da 75 % stabala divljeg kestena ima vitalnu krošnju koja je u prošlosti ovršavana. Szewczyk i Guz (2012) na primjeru parkovnih stabala divljeg kestena zaključuju da je vitalitet po Roloffovoj metodi, koja uzima u obzir promjene u strukturi oboda krošnje, dovoljno točna procjena vitalnosti stabla u odnosu na prirast dobiven dendrokronološkom analizom izvrtaka. Gáperová i dr. (2014) navode da su veću ocjenu vitaliteta imala stabla divljeg kestena koja su rasla u blizini stambenih zgrada, u odnosu na stabla u parkovima i uz prometnice. Također su zabilježili malu pojavu truleži koja je bila većinom bazirana na središnjem dijelu debla.

Snieskiene i dr. (2011) su tijekom 17 godina u Litvi utvrdili povećanje trenda oštećenosti krošnja urbanih stabala divljeg kestena. Manji vitalitet kod stabala u parkovima povezan je s biotskim čimbenicima (*Cameraria ohridella*) i arborikulturnom praksom (ovršavanje krošanja i neskupljanje otpalog lišća). Kod stabala u središtima gradova uzroci smanjenja vitaliteta bili su edafski uvjeti, nedostatak hranjiva i velike temperaturne razlike (uzrok oštećivanja kore mladih stabala). Karlińskia i dr. (2014) nisu utvrdili negativni utjecaj urbanog područja na parametre korijena divljeg kestena, što sugerira velik stupanj plastičnosti ove vrste prema heterogenosti urbanog tla. Na temelju podataka o mikoriznim simbiozama koje formira, smatraju da je divlji kesten kao vrsta dobro prilagođen na urbane i ruralne uvjete.

Našim istraživanjem utvrđene su razlike u vitalitetu mladih stabala divljeg kestena koje oslikavaju razlike u stanišnim uvjetima između parka i drvoreda, što dovodi do veće potrebe za arborikulturnim zahvatima kod mladih drvorednih stabala u Zagrebačkoj ulici.

Kod urbanih stabala vrlo su važni i troškovi održavanja koji ponajprije ovise o vrsti. Stabla divljeg kestena traže veći utrošak vremena oko održavanja zbog kontinuiranog čišćenja lišća i plodova koji otpada oko stabala.

Najčešće uočeni simptomi i greške na mladim stablima divljeg kestena u Velikoj Gorici bili su prema kategorijama negativna promjena (32,8 % Zagrebačka ulica i 28,6 % u parku), veće oštećenje (32,3 % Zagrebačka ulica i 28,6 % u parku), pukotina (20,8 % Zagrebačka ulica) i manje oštećenje (35,7 % u parku).

Prema pojedinim simptomima i greškama najčešće su uočavani: štete od sunčozara, mehaničko oštećenje pridanka, šupljine, plodišta gljiva truležnica, loša kvaliteta sadnog materijala, usukanost, lišajevi, nemogućnost kalusiranja i nestručno orezivanje. Simptomi i greške koji su manje učestali su: lomovi grana, „V“ rašlje, duboka sadnja, ranije listanje, štete od mraza i potmuo zvuk. Za najveći broj mladih stabala predviđene su mjere redovite kontrole. Porazna je činjenica kako je za 39,13 % mladih stabala predviđeno uklanjanje i zamjenska sadnja. Vizualno kontrolnom metodom utvrđena su dva (4,4 %) mrtva mlada stabla koja nisu bila uklonjena.

Kod novoposađenih sadnica divljeg kestena u drvoredu u Zagrebačkoj ulici i parku vidljiva je loša kvaliteta sadnog materijala koja se očituje slabim padom promjera debla, tankom korom, zakrivljenim deblom, provodnicom i produljnicom, neoblikovanom ili nestručno oblikovanom krošnjom s lošim vertikalnim i radijalnim rasporedom skeletnih ili strukturnih grana. Uzrok sadašnjeg stanja može se prepoznati u nepostojanju pravilnika ili normi o kvaliteti sadnog materijala. Radi popravljivanja stanja novoposađenog sadnog materijala, potrebno je normativno odrediti

pitanja kvalitete i provesti usklađenje s međunarodnim standardima (Petek-Mihalić i Toplek Balić 2005).

Kod mladih usidrenih drvorednih i parkovnih stabala divljeg kestena na području grada Velike Gorice primijećeni su brojni nedostaci koji se očituju u neredovitoj kontroli sidrenja, predebelim promjerima tokarenih kolaca, prekinutim jutenim sponama (vezama), iskrivljenim kolcima, pojavi trenja kolaca uz deblo ili skeletne grane, zbog čega dolazi do mehaničkih oštećenja pogodnih za ulazak gljiva truležnica drva ili insekata. Nadzemno siderenje pomoću kolaca je najčešći izbor praktičara prilikom odabira metode učvršćivanja mladih stabala nakon sadnje (Appleton i dr 2008). Također je uočeno predugo zadržavanje kolaca te zaostali prelomljeni kolci koji strše iz tla tako da postaju opasni za pješake, posebno djecu i starije građane. Uklanjanje kolaca treba se obaviti nakon jedne do maksimalno dvije vegetacije kada oni odrede svoju funkciju zaštite mladog stabla i stabilizacije korijenovog sustava. Daljnje zadržavanje dovodi do problema po razvoj stabla (Harris i dr. 2003; EAC 2011; Watson i Himelick 2013).

Na velikom postotku mladih stabala divljeg kestena uz Zagrebačku ulicu uočen je simptom parcijalnog odumiranja i ljuštenja kore koji nastaje zbog zagrijavanja zone kambija stabala s tankom korom. Ozljede su izražene na južnim i zapadnim ekspozicijama prema prometnici, gdje je uz ostale nepovoljne čimbenike (sol, vibracije i refleksije od vozila) (Sieghardt i dr. 2005) izraženije djelovanje sunčeve radijacije, posebno krajem zime i početkom proljeća. Registrirani su različiti intenziteti opeklina od sunčozara, od promjene boje kore, preko pucanja kore do potpunog odlupljivanja i uzdužnih pukotina koje mlado stablo zbog veličine ne može zatvoriti. Ovo zadnje je najčešće, a uočava se po godišnjim kalusnim tvorevinama koje se stvaraju jedno preko drugog. Tako oštećena stabla nalaze se u stanju stresa i primijećeno je njihovo ranije listanje u odnosu na ona neoštećena. Kod mladih stabala posađenih u parku, štete od sunčozara su puno slabije izražene ili izostaju zbog zasjene debla krošnjama starih stabala i povoljnijih ekoloških uvjeta. Radi sprječavanja šteta od sunca na mladim stablima tanke kore, predlaže se prilikom sadnje odabrati stabla koja su uzgajana u rasadnicima nezasjenjena. Takva stabla stvaranju plutasti sloj stanica koji štiti kambij od sunčevih zraka (Vajda 1974).

Mlada stabla divljeg kestena na području grada Velike Gorice do sada nisu šticećena od štetnog djelovanja sunca, što se značajno odražava na njihov sadašnji vitalitet i zdravstveno stanje, te se zbog toga predlaže provođenje mjera zaštite debala od sunčozara. Zaštitne mjere treba usmjeriti na zasjenjivanje kore mladih stabla na način da se debla povežu jutenim trakama, štitnicima za stablo od trske (Diminić i Majdak 2004) ili tretiraju zaštitnim premazom bijele boje (Stobbe i Dujesiefken 2006).

S obzirom na globalne klimatske promjene, posebice na očekivane nagle promjene urbane mikroklimе koje će rezultirati ekstremnim temperaturama tijekom ljeta i nedostatkom padalina, bit će potrebno kod podizanja novih mladih drvoreda divljih kestena projektirati odgovarajući sustav navodnjavanja. Navodnjavanje kod mladih stabala potrebno je obavljati do treće godine nakon sadnje (Pauleit i dr. 2002).

Na području grada Velike Gorice provodi se prikraćivanje mladih stabala divljeg kestena, što ponekad nije dobra praksa. Također su registrirane mehaničke ozljede na deblu, provodnici i skeletnim granama kao rezultat lošeg rukovanja, transporta, nepreciznog orezivanja i korištenja pogrešnog alata kod orezivanja. Za većinu mladih stabala simpidijalnog rasta, gdje pripada i divlji kesten, važno je oblikovanje u prve dvije do tri godine nakon sadnje. Costello (2001) je definirao pet faza u oblikovanju mladih stabala nakon sadnje kojih bi se trebalo pridržavati. Praksa na području grada Velike Gorice je takva da izostaje oblikovanje mladih stabla u spomenutom razdoblju, što se kasnije manifestira kroz lošu strukturu krošnje i estetsku vrijednost. Stabla koja nisu oblikovana u mladosti, u kasnijim fazama rasta i razvoja postaju potencijalno opasnija za ljude i imovinu za razliku od oblikovanih. Kod neoblikovanih stabala povećavaju se troškovi na njezi i održavanju zbog češćih intervencija i većeg utroška vremena (Gilman 2002).

Najčešće uočeni simptomi oštećenja i greške na starim stablima divljeg kestena u Velikoj Gorici su prema kategorijama negativna promjena (28,6 % Zagrebačka ulica, 33,0 % u parku i 25,2 % kraj željezničkog kolodvora), veće oštećenje (25,2 % Zagrebačka ulica i 42,3 % kraj željezničkog kolodvora) i trulež drva (25,7 % Zagrebačka ulica).

Prema pojedinim simptomima i greškama najčešće su uočavani: ovršavanje krošnje, šupljine ispunjene betonom, usukanost, suhe grane, „V“ rašlje, šupljine, potmuo zvuk, mehaničko oštećenje na pridanku, plodišta gljiva truležnica, lom grana i daveće korijenje. Simptomi i greške koji su manje učestali su: čavli i ostali strani predmeti po deblu i krošnji, mehanička oštećenja površinskog korijenja i nagnutost.

Anastasijević i Vratuša (2000) pišu o štetnosti ovršavanja drvorednih stabala te ističu kako osim platane koja ima visoku izdanačku sposobnost i bez većih posljedica formira novu krošnju prihvatljivog oblika i kvalitete u relativno kratkom razdoblju, takva praksa nije prihvatljiva kod svih drugih vrsta, uključivo i divlji kesten. Na stablima ovršene krošnje lako se uočavaju stepenaste razine orezivanja u prethodnim godinama i desetljećima, a vidljivo je znatno smanjivanje veličine i opsega krošnje, odnosno lisne mase. Autori ističu kako u slučaju ovršenih stabala često dolazi do pojave izrazite truleži debla i brzog propadanja biljaka dok Shigo (1991) piše kako je najgora posljedica ovršavanja stabala narušena statička stabilnost novih teških grana, pa se

većina ovršenih stabala mora ovršavati sve do kraja života, odnosno do uklanjanja. U arhivskoj građi pronašli smo kako se tijekom povijesti orezivanje stabala divljeg kestena u Velikoj Gorici sastojalo uglavnom od uklanjanja polomljenih i opasnih grana zbog sigurnosti ljudi i imovine (automobili). Zbog vrlo lošeg zdravstvenog stanja pojedina stara stabla su tijekom povijesti uklanjana, a bilo je i izvala. Zanimljiv je podatak kako je praksa ovršavanja stabala u Velikoj Gorici preuzeta iz grada Siska. Prvo ovršavanje pojedinih stabala divljeg kestena obavljeno je u parku tijekom 1995. godine te je ta praksa nastavljena i kasnijih godina na drugim lokacijama.

Iz arhivskih podataka saznajemo kako je početkom 60-ih godina prošloga stoljeća divlji kesten na području grada Velike Gorice počeo jače propadati. Velike pogreške činile su se iz razloga što su se velike šupljine čistile i prskale galicom, a zatim punile betonom koji je vidljiv na stablima do danas.

Rezultati provedene vizualne kontrolne metode (The Visual Tree Assessment) na drvorednim i parkovnim stablima divljeg kestena na području grada Velike Gorice ukazuju na slične probleme koje opisuju Juhásová i dr. (2010). Rezistograom je potvrđena narušena statika i nužnost trenutnog uklanjanja jednog stabla divljeg kestena u parku i jednog u drvoredu u Zagrebačkoj ulici. Vjerojatnost loma ne ovisi samo o narušenoj statici stabla (t/R omjer), već i o ostalim simptomima na stablu, značajkama vrste drveća, dimenzijama stabala i odnosu patogena (gljive truležnice) i domaćina. Prema Rinnu (2013) s povećanjem starosti i promjera stablo može imati t/R vrijednost manju od granične ($t/R \geq 0,32$) bez posljedica na vjerojatnost za lom stabla. Simptomi kod stabala koje se mora trenutno ukloniti su pukotine s odlublivanjem za stablo u parku i plodišta gljiva za stablo u Zagrebačkoj ulici. Iako je izmjerena t/R vrijednost blizu granične vrijednosti za sigurnost stabla koju opisuju Mattheck i Breloer (1994), s obzirom na karakteristike vrste koja ima slabiju sposobnost kompartmentaliziranja (Dujesiefken i Stobbe 2002) i vjerojatnu progresiju truleži, smatramo da je odluka o uklanjanju stabla na temelju rezultata vizualno kontrolne metode i dodatne provjere rezistograom opravdana.

Provedenom dendrokronološkom analizom utvrđen je podjednaki radijalni prirast devet istraživanih stabala s prosječnom širinom goda od 1,95 mm. Marion i dr. (2005) utvrdili su manju prirast i slabije vidljivu granicu goda u prethodnoj godini kod ovršavanih stabala divljeg kestena koja su rasla u nepovoljnim edafskim uvjetima u odnosu na kontrolna stabla. Prema Battipaglia i dr. (2010) fizičke i kemijske osobine stanica drva formiranih određene godine, reflektiraju klimatske uvjete u kojima je stablo raslo te godine i mogu se koristiti za rekonstrukciju ekoloških čimbenika u povijesti (uključujući klimatske uvjete i kvalitetu zraka). Dendroklimatološkim analizama urbanih stabala

običnog bora (*Pinus sylvestris*) utvrđena je pozitivna korelacija između širine goda i količina oborina u lipnju i srpnju (Helama i dr., 2012). Wilczyński i Podlaski (2007) pišu kako visoka temperatura zraka prethodne zime, kao i temperatura zraka u mjesecu kolovozu ima pozitivan utjecaj na radijalni prirast divljeg kestena. Kambijalnu aktivnost potiču obilne oborine u prosincu prethodne vegetacije, dok prevelike količine oborina u kolovozu, koje podižu razinu podzemnih voda, imaju negativni utjecaj na širinu goda. U našim istraživanjima potvrđen je utjecaj proljetnih oborina i maksimalne temperature zraka na širinu goda. Utvrđena je značajna pozitivna ovisnost radijalnog prirasta o prosječnim količinama oborina u proljeće, dok je limitirajući učinak utvrđen za maksimalnu temperaturu zraka u proljeće.

O štetniku kestenovog moljca minera (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić 1986) i njegovom štetnom utjecaju na području Hrvatske pišu Matošević (2003), Diminić i Hrašovec (2005) i Mešić i dr. (2010, 2012). Uvidom u arhivske podatke na području grada Velike Gorice zabilježena su prva tretiranja protiv kestenovog moljca i gljivičnih bolesti tijekom 2000. i 2001. godine. Zaštita je obavljena dva puta godišnje, kod nižih stabala prskanjem, a kod visokih metoda makro infuzije i injektiranjem insekticida u deblu. Metoda infuzije pokazala se dobra kod stabala u privatnim i ograđenim površinama, a manje na javnim površinama zbog opasnosti za prolaznike. Također za injektiranje insekticida u deblu potrebno je izbušiti rupu do 5 cm dubine koju stablo kasnije teško zatvara, te takvo oštećenje može poslužiti kao potencijalno mjesto za ulazak gljiva koje uzrokuju trulež drva, budući da su gotovo sve paraziti rana (Glavaš 1999). Oštećenja na kori stabala su i dalje vidljiva, te su u prosudbenom obrascu evidentirana kao manja oštećenja. Tomiczek (2006) je istražujući učinak sistematskog insekticida na kontrolu kestenovog moljca minera metodom makro infuzije utvrdio manje oštećenje na listu u dvije godine nakon tretiranja, međutim oštećenja koja su nastala kao posljedica tretiranja dovela su do lokalnog odumiranja kambija i diskoloracije drva, posebice kod grana u krošnji, čime su negativne posljedice po stablo prevladale u odnosu na kratkoročnu korist zbog manjeg napada štetnika.

Usljed nedostatnih arhivskih podataka o napadima biljnih bolesti i štetnika nije bilo moguće odrediti njihov utjecaj na radijalni prirast.

5. ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Istraživana mlada stabala divljeg kestena grada Velike Gorice imaju slične dendrometrijske varijable (promjer i visina stabla, polumjer krošnje, udaljenost stabala), dok su kod starih starih stabala vidljive razlike s obzirom na lokacije koje su uvjetovane različitom starošću stabala, zahvatima

ovršavanja krošanja i uvjetima staništa. Prsni promjeri starih stabala statistički se značajno razlikuju s obzirom na istraživane lokacije ($F=13,836$, $p<0,01$). Najmanji prosječni prsni promjeri drvodrednih stabla su u Zagrebačkoj ulici, slijede prsni promjeri stabala u parku te najveći prsni promjeri kod stabala u blizini željezničkog kolodvora.

Mlada stabla divljeg kestena u parku imaju statistički značajno veći vitalitet od onih u drvoredu ($p<0,01$), što se može protumačiti boljim ekološkim uvjetima. Utvrđena je statistički značajna razlika u općenitom vitalitetu ($F=11,381$, $p<0,01$) starih stabala s obzirom na tri istraživane lokacije. Najbolji vitalitet pokazuju stara stabla u parku, a najlošiji u drvoredu kod željezničkog kolodvora. Također je utvrđena značajna razlika u vitalitetu prema modelu Roloffa ($p<0,01$) s obzirom na lokacije istraživanja. Najmanja izbojna snaga prema vitalitetu Roloffa zabilježena je kod starih stabala u parku, a najveći je u Zagrebačkoj ulici.

Prema evidentiranim simptomima i greškama drva, utvrđene su velike razlike između mladih i starih stabala te između istraživanih lokacija. Kod mladih drvodrednih stabala u Zagrebačkoj ulici najčešći simptomi su veće oštećenje na deblu (60 %), negativna promjena na deblu (57,1 %), veće oštećenje na pridanku debla i negativna promjena na pridanku debla (45,7 %), pukotine na pridanku debla i pukotine na deblu (34,3 %) te trulež na deblu (22,9 %), dok mlada stabla u parku imaju najčešći simptome pukotina na debalcima, manje oštećenje na korijenovom vratu i manje oštećenje u krošnji (18,2 %).

Kod starih drvodrednih stabala najviše simptoma i grešaka drva je bilo u Zagrebačkoj ulici, gdje najčešći simptomi trulež na deblu (82,4 %), negativna promjena na deblu i debalcima (76,5 %), veće oštećenje na deblu (70,6 %), trulež na debalcima, negativna promjena na pridanku debla, trulež drva i veće oštećenje na debalcima (52,9 %). U blizini željezničkog kolodvora najčešći simptomi su veće oštećenje na debalcima (100 %), negativna promjena na deblu i prijelazu u krošnju, veće oštećenje u krošnji (70,6 %) i veće oštećenje na deblu (58,8 %). Manje učestće simptoma i grešaka drva je zabilježeno kod parkovnih stabala, gdje su najčešći simptomi veće oštećenje na debalcima (81,0 %), negativna promjena na deblu (66,7 %), pukotina na debalcima (57,1 %) i negativna promjena u krošnji (52,4 %).

Vizualno kontrolnom metodom uz dodatnu provjeru rezistografom utvrđena su dva stara stabala koje trenutno treba ukloniti zbog narušene mehaničke čvrstoće te sigurnosti ljudi i imovine. Dendrokronološkom analizom utvrđen je velik senzibilitet u radijalnom prirastu stabala (0,08–8,17 mm). Ovu zanimljivu pojavu treba dodatno istražiti. Utvrđena je značajna pozitivna ovisnost radijalnog prirasta o prosječnim količinama oborina u proljeće, dok je limitirajući učinak utvrđen za maksimalnu temperaturu zraka u proljeće.

Implementacijom modernih mjera na njezi, održavanju i zaštiti stabala uz povezivanje utjecaja provedenih arborikulturnih radova s radialnim prirastom, smanjit će propadanje mladih a povećati sigurnost starih stabala, s ciljem povratka ove vrste na signifikantnu razinu urbane dendrološke prepoznatljivosti grada Velike Gorice.

6. ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo se gradu Velikoj Gorici, posebice pročelniku Upravnog odjela za prostorno planiranje i zaštitu okoliša gospodinu Romanu Repač, dipl. inž. arh. na dopuštenom istraživanju na stablima. Posebnu zahvalu upućujemo gospođi Ani Mihulja, dipl. ing. na dostavljenim arhivskim podacima o njezi i održavanju stabala.

LITERATURA REFERENCES

- Anastasijević, N., V. Vratuša, 2000: Uloga prevršenog drveća u drvoredima gradova Srbije. Zbornik radova: 6. Simpozijum o flori jugoistočne Srbije i susednih područja. Sokobanja, 249–261.
- Appleton, B. L., C. M. Cannella, P. E. Wiseman, A. A. Alvey, 2008: Tree Stabilization: Current Products and Practices. *Arboriculture & Urban Forestry* 34(1): 54–58.
- Battipaglia, G., F. Marzaioli, C. Lubritto, S. Altieri, S. Strumia, P. Cherubini, M. F. Cotrufo, 2010: Traffic pollution affects tree-ring width and isotopic composition of *Pinus pinea*. *Science of the Total Environment*, 408: 586–593.
- Biondi, F., Waikul, 2004: Dendroclim 2002: AC++ program for statistical calibration of climate signals in tree ring chronology. *Comp. Geosci.*, 30 (3): 303–311.
- Božić, A., V. Huzjak, 2006: Pozdrav iz povijesti (razglednice velikogoričkog kraja). *Turopoljski glasnik, Velika Gorica*, 276 str.
- Costello, L. R., 2001: Training Young Trees for Structure and Form. *Arborist News* 10 (2): 25–29.
- Diminić, D., B. Hrašovec, 2005: Uloga bolesti i štetnika pri odabiru drveća u krajobraznoj arhitekturi. *Agronomski glasnik*, 67 (2–4): 309–325.
- Diminić, D., A. Majdak, 2004: Sunčožarne rane na deblima javora u zagrebačkim drvoredima. *Agronomski glasnik*, 66 (3–5): 327–338.
- Dubravica, B., A. Szabo, 2007: Velikogorički leksikon. Pučko otvoreno učilište Velika Gorica, 259 str.
- Dujesiefken, D., H. Stobbe, 2002: The Hamburg Tree Pruning System. *Urban Forestry & Urban Greening*. 1 (2): 77–82.
- EAC, 2011: *European Tree Worker Handbook*, 6. izdanje, Patzer Verlag, Berlin, Hannover, 186 str.
- Fostad, O., P. A. Pedersen, 1997: Vitality, variation, and causes of decline of trees in Oslo center (Norway). *Journal of Arboriculture*, 23 (4): 155–165.
- Gáperová, S., Ferancová S., Gáper J., Sochuliaková L., 2014: Vitalita a hniloby drevín Oravského regiónu. Dendrologické dni v Arboréte Mlyňany SAV 2014 – Zborník príspevkov z vedeckej konferencie, 64–71.
- Grissino-Mayer, H. D., R. L. Holmes, H. C. Fritts, 1992: International tree-ring data bank program library: user's manual. Tucson, Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona: 104 str.
- Gilman, E.F., 2002: *An Illustrated Guide to Pruning*. Second edition, Delmar, New York. 330 str.
- Glavaš, M., 1999: Gljivične bolesti šumskog drveća. Sveučilišni udžbenik. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 211–242.
- Gregurović, G., 2011: Sljemenska cesta: urbano– šumske značajke i mogućnosti arborikulturnih zahvata. Magistarski rad. Šumarski fakultet. Zagreb
- Gruber, F., 2008: Untenable failure criteria for trees: I. The residual wall thickness rule. *Arboricultural Journal*. 31 (1): 5–18.
- Harris R.W., J. R. Clark, N. P. Matheny, 203: *Arboriculture: Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines* (4. izdanje). Prentice Hall. 592 str.
- Hegedüs, A., M. Gaál, R. Bérces, 2011: Tree appraisal methods and their application – first results in one of Budapest's districts. *Applied ecology and environmental research*, 9 (4): 411–423.
- Helama, S., A. Läänelaid, J. Raisio, H. Tuomenvirta, 2012: Mortality of urban pines in Helsinki explored using tree rings and climate records. *Trees*, 26 (2): 353–362.
- Holmes, R. L., 1983: Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43: 69–78.
- Horvat, A., 1943: Osnivanje drvoreda. *Hrvatski Šumarski list*, 1: 14–21.
- Huljenić, G., 2014: Određivanje područja zahvaćenog truleži u urbanim stablima sa zvučnim tomografom. Diplomski rad. Šumarski fakultet. Zagreb. 87 str.
- Johnstone, D., G. Moore, M. Tausz, M. Nicolas, 2015: The measurement of wood decay in landscape trees. *Arboriculture and Urban Forestry*, 36 (3): 121–127.
- Juhásová, G., K. Adamčíková, M. Kobza, E. Ondrušková, D. Juhás, 2010: Význam hodnotenia stability stromov vo verejnej zeleni. Arboréta – možnosť prepojenia výskumu, vzdelávania a praxe. Zborník pri príležitosti 110. výročia založenia Lesníckeho arboréta v Kysihýbli pri Banskej Štiavnici. Longauer, R., I. Binder (eds.), NLC-LVÚ Zvolen – B. Štiavnica.
- Karliňskia, L., A. M. Jagodziňskia, T. Leskia, P. Butkiewicz, M. Brosz, M. Rudawska, 2014: Fine root parameters and mycorrhizal colonization of horse chestnut trees (*Aesculus hippocastanum* L.) in urban and rural environments. *Landscape and Urban Planning*, 127: 154–163.
- Laszowski, E., 1910: Povijest Plemenite općine Turopolja, I-III, Zagreb.
- Marion, L., J. Gričar, P. Oven, 2005: Wood formation in deciduous urban trees analysed by micro-cores. Intra-annual analysis of wood formation. San Vito di Cadore, Belluno, Italy, 2–5 October, str. 14–15.
- Matheny, N.P., J.R. Clark, 1994: *A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas*. 2nd Ed. International Society of Arboriculture (ISA), Savoy, IL. 85 str.
- Matošević, D., 2003: Štetna entomofauna drvenastih biljnih vrsta urbanog zelenila grada Zagreba. Magistarski rad. Šumarski fakultet. Zagreb
- Mattheck, C., H. Breloer, 1994: *Body Language of Trees: A Handbook for Failure Analysis*. TSO, London, V. Britanija. 260 str.
- Mattheck, C., 2007: *Updated Field Guide for Visual Tree Assessment*. Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe, Njemačka. 170 str.

- Mešić, A., T. Gotlin Čuljak, T. Miličević, 2010: Dinamika populacije invazivne vrste *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić (Lepidoptera: Gracilariidae) u središnjoj Hrvatskoj. Šumarski list, 7–8: 245–252.
- Mešić, A., T. Miličević, Dinka Grubišić, Boris Duralija, Ante Marić, Anamarija Popović, 2012: Suzbijanje kestenovog moljca minera (*Cameraria ohridella*) tretiranjem lišća. Šumarski list, 7–8: 387–394
- Nicolotti, G., P. Miglietta, 1998: Using high-technology instruments to assess defects in trees. Journal of Arboriculture, 24 (6): 297–302.
- Oven, P., 2000: Arboristična analiza drevja v MOL in navodila za njihovo nego. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. 207 str.
- Pauleit, S., N. Jones, G. Garcia-Martin, J. L. Garcia-Valdecantos, L. M. Rivière, L. Vidal-Beaudet, M. Bodson, T. B. Randrup, 2002: Tree establishment practice in towns and cities – Results from a European survey. Urban Forestry & Urban Greening, 1: 83–96
- Paulić, V., M. Oršanić, D. Drvodelić, M. Šango, 2012: Management of Maksimir urban forest: Tree risk assessment survey. 15th European forum on urban forestry, Leipzig. 40 – 41.
- Peić, M., 1967: Skitnje. Nakladni zavod Matice Hrvatske, Zagreb, 354 str.
- Pernek, M., N. Lacković, A. Mačak-Hadžiomerović, V. Stamenković, 2013: Adapted VTA and SIA method in tree static assessment with use of resistography. Periodicum biologorum, 115 (3): 447 – 453.
- Petek-Mihalić, J., K. Toplek Balić, 2005: Kvaliteta i europski standardi za sadnice drveća u gradskom prostoru. Agronomski glasnik, 67 (2–4): 297–307.
- Rinn, F., 2013: Shell-wall thickness and breaking safety of mature trees, Western arborist, 39(3): 40–44.
- Roloff, A., 2001: Baumkronen: Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Ulmer Verlag, Stuttgart, 164 str.
- Sæbø, A., T. Benedikz, T. B. Randrup, 2003: Selection of trees for urban forestry in the Nordic countries. Urban For. Urban Green., 2:101–114.
- Shigo, A. L., 1991: Modern Arboriculture. Shigo and Trees associates. Durham, New Hampshire.
- Sieghardt, M., E. Mursch-Radlgruber, E. Paoletti, E. Couenberg, A. Dimitrakopoulos, F. Rego, A. Hatzistathis, T. B. Randrup, 2005: The Abiotic Urban Environment: Impact of Urban Growing Conditions on Urban Vegetation. U: Urban Forests and Trees (ur. C. C. Konijnendijk, K. Nilsson, T. B. Randrup, J. Schipperijn). Springer-Verlag, Berlin, 525 str.
- Snieskiene, V., A. Stankeviciene, K. Zeimavicius, L. Balazentiene, 2011: *Aesculus hippocastanum* L. state changes in Lithuania. Polish J. of Environ. Stud., 20 (4): 1029–1035.
- StatSoft, Inc., 2003: Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. www.statsoft.com/textbook/stathome.html
- Stobbe, H., Dujesiefken, D., 2006: Abiotische Stammschäden an Jungbäumen – helfen weiße Stammanstriche? In: Dujesiefken, D.; Kockerbeck, P. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege 2006. Verlag Thalacker Medien, Braunschweig, 57–65.
- Szewczyk, G., M. Guz, 2012: Dynamika zmian szerokości przyrostów rocznych jako miara żywotności drzew w zadrzewieniach parkowych i zieleni miejskiej. Forestry Letters, 103: 47–56.
- Štaleker, A., 2009: Arboristična ureditev parka Križanke. Diplomski rad. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. Ljubljana. 78 str.
- Tomiczek, C., 2006: The Pros and Cons of Stem Injections to Control Horse Chestnut Moth (*Cameraria ohridella*). Forstschutz Aktuell 37: 3–4.
- Vajda, Z., 1974: Nauka o zaštiti šuma. Školska knjiga, Zagreb, 482 str.
- Wilczyński, S., R. Podlaski, 2007: The effect of climate on radial growth of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in the Świątokrzyski National Park in central Poland. J. For. Res., 12: 24–33.
- Watson, G.W., E. B. Himelick, 2013: The practical science of planting trees. International Society of Arboriculture (ISA), Savoy, IL. 250 str.
- Zec, V., 2012: Prosudba vitaliteta i statike stabla bukve (*Fagus sylvatica* L.) u park-šumi Maksimir. Diplomski rad. Šumarski fakultet. Zagreb. 31 str.

Summary

The paper analyses vitality, health condition, mechanical stability and growth of horse chestnut trees (*Aesculus hippocastanum* L.) which represent one of the traditional urban green landmarks in the town of Velika Gorica. Following the Visual Tree Assessment protocol biological (vitality) and structural (static) condition of young and old horse chestnut trees was acquired. Vitality assessment was done according to scale 1 – 5 and Roloff model (0–3). Correlation analyses of climatic conditions (temperature and precipitation) and tree index chronology was conducted via DENDROCLIM software. Researched young trees of horse chestnut had similar dendrometrical variables (breast height diameter, tree height, crown radius, tree distance), while old trees showed difference in respect to location which was conditioned by different age of trees, crown topping and site conditions. Tree breast height diameters are statistically different when three research locations are compared. Younger trees growing in park manifested significantly higher vitality compared with those trees growing in tree alley which is explained by better general growing conditions. Best tree vitality was measured in old trees growing in park while the opposite side of the scale was represented in tree alley along the railway station, while best vitality according to Roloff model was measured in tree lane in Zagrebačka street and on the opposite side of the scale was represented by trees growing in park. According to the assessed symptoms and tree defects younger trees growing in park had smaller percent share in respect to younger trees growing

in tree alley in Zagrebačka street. Highest percent share of given symptoms and tree defects at old horse chestnuts trees was assessed in Zagrebačka street and near the railway station while smaller percent share was recorded in park. Visual tree assessment with resistography revealed two of older trees which need to be removed due to their mechanical breakdown resulting with heightened risk on humans and property. Dendrochronological analysis revealed sensibility in radial increment of measured trees (0.08–8.17 mm). Significant positive correlation of radial increment with average spring precipitation and limiting effect of maximum spring air temperatures was determined.

KEY WORDS: arboriculture, vitality, static state of tree, horse chestnut, dendroecology, Visual Tree Assessment – VTA