

UDK 630*27

Naučni rad – Scientific paper

Datum prijema: 25.5.2023.

Datum odobrenja: 20.6.2023.

Doi broj: 10.5937/actaherb2301029B

Polna struktura pajasena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” na području Beograda — osnova za biološku kontrolu širenja i plansku redukciju

Martin Bobinac¹, Zoran Gojković², Siniša Andrašev³, Nikola Šušić⁴, Milan Kabiljo⁵

¹Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11030, Beograd, Srbija

²JKP „Zelenilo-Beograd”, Rajkova 15, 11070 Beograd, Srbija

³Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13 d,
Novi Sad, Srbija

⁴Univerzitet u Beogradu, Institut za multidisciplinarna istraživanja, Kneza Višeslava 1,
11030 Beograd, Srbija

⁵Institut za šumarstvo, Kneza Višeslava 3, 11030, Beograd, Srbija
e-mail: martin.bobinac@sfb.bg.ac.rs

REZIME

Pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) je invazivna vrsta u Srbiji, koja ugrožava floristički biodiverzitet u prirodnim šumskim zajednicama i urbanim prostorima. To je heliofit, sa brzim rastom u početnoj fazi razvoja i izraženom adaptivnom sposobnošću na različite uslove sredine otvorenih staništa. Sa pojavom ranog polnog sazrevanja i, pretežno, svakogodišnjeg uroda velike količine plodova, koji se lako prenose na veću udaljenost od matičnog stabla, pajasen brzo kolonizuje prirodne šumske zajednice i urbane prostore. To je dvodoma drvenasta biljka. Primenom polnog dimorfizma kod pajasena, kao kriterijuma za selekciju stabala u proredi, može se uticati na širenje vrste generativnim putem, a u okviru sastojinskog sklopa može se uticati na rast i održanje generativnog i vegetativnog potomstva. Diferenciranje rodni-ženskih od nerodni-muških stabala vrši se u fazi cvetanja na osnovu cvetno-plodnih cvasti, a odabir rodni-ženskih stabala vrši se tokom cele godine na osnovu prisutnih plodova i cvetno-plodnih

drški koje se dugo zadržavaju u krošnji po opadanju plodova. Polni dimorfizam ove vrste poslužio je kao osnova za utvrđivanje polne strukture stabala u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” na području Beograda u cilju kontrole i zaustavljanja invazije u urbanom prostoru.

Na površini zaštićenog prirodnog dobra 40,08 ha pajasen je zastupljen pojedinačno ili u grupama, u odsecima na ukupnoj površini 27,09 ha sa 131 polno izdiferenciranih stabala čiji su prsni prečnici u rasponu 5-74 cm, a visine u rasponu 5-21 m.

U okviru navedenog broja polno izdiferenciranih stabala pajasena zastupljenost ženskih i muških stabala je približno podjednaka, ali prostorno varira. Evidentirana ženska i muška stabla osnova su za monitoring, plansku redukciju i gajenje pajasena u neinvazivnom obliku u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” u određenom prelaznom periodu.

Gljučne reči: invazivne neofite, urbane šume, kvantitativna zastupljenost, prorede.

UVOD

Invazivne vrste predstavljaju jedan od važnih faktora gubitka biodiverziteta, a pajasen ili kiselo drvo (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) je svrstano u 100 najinvazivnijih organizama u Evropi gde je glavni kriterijum za izbor bio uticaj na regionalni biodiverzitet, pri čemu su uvažavane i negativne posledice po čoveka - zdravstvene, ali i ekonomske prirode (Vilá et al., 2008). U Srbiji, pajasen je uvršten na spisak 60 invazivnih biljnih taksona (Stojanović i sar., 2021). Alohtone vrste su raširene širom sveta, primarno, da bi stvorile nove i unapredile postojeće ekosistemске usluge. Međutim, pojedine vrste daju različite efekte u različitim ekosistemima (Castro-Díez et al., 2019). Prema Vrbničanin i sar. (2004): „Termin alohtone vrste obuhvata taksone koji su, namerno ili slučajno, raseljeni iz svojih areala i uneti u udaljene ekosisteme gde potiskivanjem nativnih vrsta osvajaju nova staništa”. Invazivne alohtone vrste su snažni kompetitori i mogu ugroziti opstanak autohtonih vrsta. Uspešno kolonizuju ruderalne površine i agrofitoracenoze, ali i degradirane i nestabilne ekosisteme. Invazivne alohtone vrste ulaze u takve izmenjene ekosisteme i dovode do još većih neželjenih promena (van der Veken et al., 2004). Ekološki efekti, nastali njihovim prisustvom i širenjem, izazivaju promene u florističkoj strukturi, toku sukcesije, kruženju nutritijenta, a u evolucionom pogledu izazivaju posledice, u uslovima gde prisustvo pojedinih invazivnih vrsta vodi i ka hibridizaciji (Obratov-Petković i sar., 2009). Pajasen može da ugrozi diverzitet prirodnih šumskih ekosistema (Montecchiari et al., 2020). U zaštićenim područjima (nacionalni parkovi, rezervati prirode i dr.) invazija pajasena je posebno osetljivo pitanje, vezano za očuvanje prirodnih šumskih ekosistema i njihovo unapređenje (Ließ and Drescher, 2008; Bobinac, 2012; Bobinac i sar., 2016a,b; Grigorescu et al., 2016).

Pajasen je pionirska (Grime and Jeffrey, 1965; Kowarik and Säumel, 2007) vrsta drveća poreklom iz Kine koja je danas prisutna na svim kontinentima osim Antarktiku tako da se javlja na različitim staništima (Kowarik and Säumel, 2007). U Srbiji prvi ga je zabeležio Pančić 1871. godine (Grbić i sar., 2010). Najniža nalazišta su zabeležena na 80 m nadmorske visine na aluvijalnim staništima Dunava, oko Kladova, a najviša na 880 m nadmorske visine (Tucović i sar., 1996). Smatra se da retko dostiže starost preko 50 godina (Jovanović i sar., 1997). U literaturi

se navodi životni vek soliternih-ukrasnih stabala do 170 godina (Brunner, 2009, citirano u Knüsel, 2019), a većina izveštaja o životnom veku stabala nalazi se u rasponu od 100-130 godina (Kowarik and Säumel, 2007). Prema navodima Tucović i sar. (1996) kod stabala pajasena na području Srbije posle 30. godine starosti često dolazi do sušenja grana ili delova krošnji.

Pajasen predstavlja jednu od široko rasprostranjenih i gajenih alohtonih vrsta drveća na području Beograda (Milošević-Brevinac, 1950). Može se pretpostaviti da je prisustvo i gajenje pajasena u okolini Beograda u prethodnom periodu imalo uticaj na segmente šuma, danas gradske zone Beograda, kao što je spomenik prirode „Bajfordova šuma”. U vremenu prenaseljenosti gradske zone i prekomerne izgradnje objekata različite namene ova šuma svojim položajem u urbanom tkivu Beograda, ulogom u povezivanju sistema zelenila grada i ostvarivanjem bioekoloških funkcija, ima veliki značaj u očuvanju kvaliteta životne sredine. Generalnim urbanističkim planom grada Beograda 1950. godine je obuhvaćena površina tada Banjičke šume, kao park šuma za odmor i rekreaciju, a 2000. godine, Banjička šuma, sada „Bajfordova šuma”, tretira se kao zaštićeno prirodno dobro u kategoriji Spomenik prirode (Anon., 2015). Ova šuma je jedinstvena zbog postojanja bogate ornitofaune, ali značajna je i kao jedna od malobrojnih zelenih površina u centralnoj zoni Beograda.

Sastav vrsta koje izgrađuju zaštićeno prirodno dobro „Bajfordova šuma” je nepovoljan za trajno i potpuno obezbeđenje projektovane namene prostora. Sastojine su veštačkog porekla i pretežno su izgrađene od alohtonih vrsta drveća, među kojima su zastupljene i invazivne vrste, kao primarno unešene pošumljavanjem: pajavac (*Acer negundo* L.), pensilvanijski jasen (*Fraxinus pensilvanica* Marshall), bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.) i dr., a kolonizuju ih i sekundarne invazivne vrste, kao što je pajasen (*A. altissima* (Mill.) Swingle). Širenje pajasena u zaštićenom prirodnom dobru doprinosi degradaciji i obezvređivanju prostora.

Za predviđanje invazivnosti, kontrolu širenja pajasena generativnim putem i postepenu samoredukciju na kolonizovanim staništima razmatrana je primena prilagođene tehnike gajenja šuma u planskom uklanjanju pajasena i revitalizaciji ugroženih sastojina (Bobinac i sar., 2016c, 2019, 2020). Očekivanja su da bi se takvim pristupom šumarske struke na celokupnom prostoru Srbije umanjila primena drugih represivnih mera u meliorativnom postupku, kao što je, na primer, primena herbicida i čiste seče, a obezbedio prirodni kontinuitet sastojina uz učešće vrsta iz prirodnih zajednica (Bobinac i sar., 2019, 2020). Do sada predlagane mere za suzbijanje pajasena u kolonizovanim sastojinama nisu se pokazale dovoljnim za zaustavljanje invazije pajasena i u literaturi su evidentirana stanovišta o potrebi preispitivanja značaja ove veoma invazivne vrste na staništima na kojima je zastupljena i intenzivno se širi (Brus et al., 2016). Pajasen može da proizvede veliku količinu klijavog semena godišnje (Martin and Canham, 2010; Wickert et al., 2017), i preko milion semena godišnje (Wickert et al., 2017). Seme se raznosi vetrom i vodom (Kowarik and Säumel, 2007, 2008). Drveće cveta i plodonosi u svojoj 3-5. godini, a obilno plodonosi u životnom dobu od 12 do 20 godina starosti u sastojinskim uslovima (Kowarik and Säumel, 2007). Veliki procenat semena (48-95%, u zavisnosti od izvora semena) zadržava klijavost najmanje pet godina u mineralnom sloju zemljišta (Rebbeck and Jollif, 2018).

U literaturi se navode različiti podaci o polnosti pajasena. Prema navodima više autora pajasen je dvodoma vrsta, tj. pojedina stabla nose cvetove jednog pola, muške ili ženske (Idžojić, 2013; Nikolić i sar., 2014). Kowarik i Säumel (2007) navode da je pajasen dvodoma vrsta (jedinke poseduju ili funkcionalno muške ili funkcionalno ženske cvetove), a ženski cvetovi mogu posedovati i sterilne prašnike, ali se nazivaju hermafroditni cvetovi. Pojedini autori kod pajasena navode muške, dvopolne i ženske cvetove (Herman, 1971; Tucović i Isajev, 1995), a Jovanović (2000) navodi da je drveće pajasena većinom dvodomo. Mozaično muško-dvopolne cvasti su vrlo retke (Tucović i Isajev, 1995; Bobinac i Šijačić, 2014). Gajenjem samo muških jedinki pajasena izbegava se opasnost od spontanog širenja semena pajasena i time kolonizacija okolnih površina (Bobinac i sar., 2019, 2020).

Za definisanje značaja pajasena, od izrazito korovske vrste, do vrste koja se usmereno gaji na površinama na kojima je zastupljena u podmakloj fazi kolonizacije, i za pravilno upravljanje ovom zastupljenom vrstom u zaštićenim prirodnim dobrima, neophodno je evidentiranje pajasena sa kvalitativno funkcionalnim elementima (Bobinac i sar., 2016b, 2019, 2020). Za monitoring cvetanja pajasena, koje rezultira reprodukcijom vrste (Stojičić, 2017) i za monitoring polena, koji indirektno daje osnovu za predlog mera za suzbijanje (Vojnich i sar., 2022), diferenciranje polno zrelih stabala po polnosti na određenom području predstavlja funkcionalnu osnovu. Sprovedena evidentiranja pajasena po polnosti, u Nacionalnom parku „Fruška gora” (Bobinac i sar., 2016c) i Nacionalnom parku „Đerdap” (Bobinac i sar., 2021), kao i zaštićenim prirodnim dobrima na području Beograda, „Bajfordova šuma” (Gojković, 2020) i zaštićenom staništu „Gljive Ade Ciganlije” (Anđelić, 2022), potvrđuju opravdanost takvog pristupa u rešavanju pitanje invazije ove vrste drveća.

Za rešavanja pitanja invazije pajasena u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” potrebno je evidentiranje pajasena sa kvalitativno funkcionalnim elementima i uvođenje mera za zaustavljanje invazije, uz mogućnost usmerenog gajenja u neinvazivnom obliku u prelaznom periodu, ili njegovog iskorenjivanja kada polna struktura stabala pajasena ili plansko opredeljenje u sastojinama nalažu takvu meru. Polazeći od predloženih rešenja za zaustavljanje invazije pajasena u šumskim sastojinama (Bobinac i Šijačić, 2014; Bobinac i sar., 2019, 2020) i rezultata evidentiranja pajasena u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” (Gojković, 2020), cilj rada je da definiše osnove za primenu kompleksnih uzgojnih mera u cilju zaustavljanja širenja pajasena i time omogućiti pravilno gazdovanje ovom, široko zastupljenom, vrstom drveća u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma”.

MATERIJAL I METODE

Istraživanja su sprovedena na području gazdinske jedinice „Bajfordova šuma”, odnosno zaštićenog prirodnog dobra „Bajfordova šuma”, u periodu 2018–2020. godina, na površini 40,08 ha. Po svom geografskom položaju zaštićeno prirodno dobro prostire se između 44°45'40" i 44°46'46" severne geografske širine i 20°28'29" i 20°28'47" istočne geografske dužine. Nadmorska visina je od 122-178 m, sa visinskom razlikom 56 m. Osnovni tip šume

predstavlja šuma lužnjaka, graba i cera sa lipama (*Carpino-Quercetum roboris tilietosum*) na gajnjači do lesiviranoj gajnjači, a u ukupnoj obrasloj površini su veštački podignute sastojine (Anon., 2012).

U periodu između dva svetska rata na navedenom području, autohtona vegetacija je uglavnom posećena, a prostor je korišćen za gajenje povrtarskih kultura. U periodu 1948-1950. godine, izvršeno je pošumljavanje i danas su zastupljene veštački podignute sastojine. Unete su brojne alohtone vrste drveća. Lužnjak (*Quercus robur* L.) je u skladu sa prirodnim potencijalom staništa najzastupljenija vrsta drveća i čini oko 30% ukupne drvne zapremine u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma”. Uz lužnjak, od autohtonih vrsta javljaju se cer (*Quercus cerris* L.), grab (*Carpinus betulus* L.), lipa (*Tilia tomentosa* Moench i *Tilia cordata* Mill.), klen (*Acer campestre* L.), divlja trešnja (*Prunus avium* L.) i druge vrste. Takođe, zastupljene su i izdanački regenerisane vrste mekih lišćara, a na pojedinim delovima se razvio gust sklop sprata žbunja i prizemne flore, odnosno prisutan je proces prirodne obnove pojedinih vrsta drveća (Anon., 2015). Na području zaštićenog prirodnog dobra „Bajfordova šuma” je ustanovljena prioritarna funkcija zaštite ptica. Pajasena je u zaštićenom prirodnom dobru danas zastupljen sa većim brojem stabala i predstavlja značajan ugrožavajući faktor za očuvanje i unapređivanje ovog dobra (Gojković, 2020).

Mere zaštite od invazije pajasena baziraju se na evidentiranju i permanentnom monitoringu. Na osnovu ranijih istraživanja, tokom 1990-1992. godine, ukupne brojnosti i populacione strukture pajasena na području grada Beograda, uže gradske zone, utvrđeno je najveće prisustvo mladih uzrasnih klasa (Jovanović i sar., 1997). Osnovu za monitoring pri navedenim istraživanjima činile su uzrasne klase, definisane na osnovu prsnog prečnika i visine stabala. U zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” u prethodnom periodu je konstatovano skromno prisustvo pajasena (Karadžić i sar., 2007). U osnovi za gazdovanje šumama (Anon., 2012), nije posebno evidentirana zastupljenost pajasena, već je ta vrsta drveća svrstana u grupu „ostali lišćari”. Takođe, u osnovi za gazdovanje šumama (Anon., 2022) konstatovano je prisustvo pajasena i prikazani su srednji prečnik i srednja visina stabala pajasena po odsecima, a zapremina je iskazana po debljinskim razredima za sve odseke sumarno. Do sada najsadržajinja osnova vezana za monitoring pajasena u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” prikazana je u radu Gojkovića (2020).

Za prikaz zastupljenosti pajasena na području zaštićenog prirodnog dobra „Bajfordova šuma” korišćeni su podaci premera i polnog diferenciranja stabala, prikupljeni u prolećnom i letnjem periodu 2018. godine (Gojković, 2020), a polna struktura je potvrđena u fazi cvetanja i plodonošenja 2020. godine. Na području zaštićenog prirodnog dobra maršutnom metodom su evidentirana sva stabla pajasena, za koja su postojale indicije da su postigla fizičku zrelost plodonošenja. Stabla su numerisana nitro lakom u cilju duže identifikacije oznake, snimljena im je prostorna pozicija pomoću GPS uređaja, premeren im je prečnik na prsnoj visini ($d_{1,30}$) i ukupna visina visinomerom Vertex III.

Svim stablima pajasena procenjen je pol na osnovu opisanog polnog dimorfizma (Tucović i Isajev, 1995), u postupku koji primenjuju Bobinac i Šijačić (2014). Diferenciranje rodni-ženskih od nerodni-ženskih stabala vrši se u fazi cvetanja na osnovu cvetno-plodnih cvasti, a odabir rodni-ženskih stabala vrši se tokom cele godine na osnovu prisutnih plodova i cvetno-plodnih drški koje se dugo zadržavaju u krošnji po opadanju plodova.

Debljinska i visinska struktura stabala pajasena iskazane su preko standardnih numeričkih parametara (Stajić i Vučković, 2023), a za prikaz debljinske strukture izvršeno je grupisanje stabala po debljinskim stepenima širine 5 cm. Zapremina stabala izračunata je na osnovu konstruisane zapreminske linije, koristeći detaljan premer stabala pajasena u oborenom stanju na oglednim površinama na Fruškoj gori (Bobinac i sar., 2016c).

REZULTATI I DISKUSIJA

Prisustvo pajasena u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” je antropogeno uslovljeno, a evidentiranje i prikaz brojnosti je vezano za promenu površine prirodnog dobra i njenu strukturu, kao i sam postupak premera sastojina. Tokom proteklih 20 godina, ukupna površina i šumom obrasla površina zaštićenog prirodnog dobra su smanjene (Tabela 1).

U 2002. godini ukupna površina zaštićenog prirodnog dobra iznosila je 41,59 ha, a šumom obrasla površina iznosila je 93% (38,66 ha). U zaštićenom prirodnom dobru su evidentirane najzastupljenije vrste drveća i navodi se zakorovljavanje sastojina usled pojave pajasena (Anon., 2002, 2015). Na osnovu istraživanja na 19 oglednih površina, svaka površina od 225 m², u okviru navedene šumom obrasle površine Karadžić i sar. (2007) u ukupnom uzorku premerenih 337 stabla navode najviše zastupljene vrste *A. negundo* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Fraxinus ornus* L., *Q. robur* L., *R. pseudoacacia* L. i *Acer pseudoplatanus* L., a pajasen je evidentiran sa 6 jedinki ili 1,8% premerenih stabala.

Deset godina kasnije, prema podacima iz Osnove gazdovanja šumama (Anon., 2012) ukupna površina prirodnog dobra je nešto manja od 40,08 ha, od čega je šumom obrasla površina 85% (34,38 ha). Na osnovu delimičnog premera stabala u zaštićenom prirodnom dobru je evidentirano 18 vrsta drveća, a pajasen nije posebno evidentirana vrsta, odnosno obuhvaćena je u kategoriju „ostali lišćari”.

Prema podacima iz Osnove gazdovanja šumama (Anon., 2022) ukupna površina prirodnog dobra iznosi 36,14 ha, a šumom obrasla površina je 91% (32,88 ha). Na osnovu totalnog premera stabala u zaštićenom prirodnom dobru je evidentirano 35 vrsta drveća, a pajasen je zastupljen, pojedinačno ili u grupama, u odsecima na 82,4% obrasle površine.

Tabela 1. Struktura površina po obraslosti i zastupljenost pajasena u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma”

Table 1. The structure of the forested area with the share of Tree-of-Heaven in the Protected Natural Area ‘Bajfordova šuma’

Izvor Source	Ukupna površina (ha) Total area (ha)	Površina šuma (ha) Forested area (ha)	Površina na kojoj je zastupljen pajasen (ha) Area with Tree-of-Heaven (ha)
Anon. (1984)	58,66	-	-
Anon. (2002)	41,59	38,66	-
Karadžić i sar. (2007)			-
Anon. (2012)	40,08	34,38	-
Gojković (2020)			27,09
Anon. (2022)	36,14	32,88	29,78

Totalnim premerom stabala pajasena 2018. godine u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma”, na površini 27,09 ha, evidentirano je ukupno 144 stabla pajasena, odnosno prosečno 5,3 stabla po hektaru. Srednji prečnik stabala iznosio je 19,9 cm, srednja visina je 12,1 m, a ukupna zapremina 51 m³. Evidentirana su stabla pajasena sa prečnicima od 4,0-74,2 cm, odnosno varijaciona širina prsnih prečnika iznosi 70,2 cm, sa velikim koeficijentom varijacije od 51,3%. Raspodelu stabala po debljini karakteriše jaka desna asimetrija i leptokurtična spoljoštenost (raspodela je izdužena). Numerički pokazatelji visinske strukture prikazuju da se u populaciji pajasena zastupljena stabla sa visinama od 5,1-20,9 m, sa varijacionom širinom visina od 15,8 m, i sa velikim koeficijentom varijacije od 31,2%. Raspodelu stabala po visini karakteriše slabo izražena leva asimetrija i platikurtična spoljoštenost. Velika varijabilnost prsnih prečnika i visina stabala pajasena, sa izraženom varijacionom širinom ukazuje na mogućnost prisustva više starosnih kategorija stabala u analiziranoj populaciji, odnosno na kontinuitet podmlađivanja ove vrste drveća (Tabela 2).

Tabela 2. Numerički pokazatelji debljinske i visinske strukture pajasena u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma”

Table 2. Numerical indicators of diameter and height structure of Tree-of-Heaven in the Protected Natural Area ‘Bajfordova šuma’

Element rast Growth element	Parametar strukture / Structure indicator								
	n°	mean	min	max	range	Sd	Cv	skew	kurt
Prečnik Diameter	144	19,9	4,0	74,2	70,2	10,2	51,3	1,553	5,378
Visina Height	144	12,1	5,1	20,9	15,8	3,77	31,2	-0,126	-0,947

n – broj premerenih stabala / number of measured trees; mean – aritmetička sredina / arithmetic mean; min – minimum / minimum; max – maksimum / maximum; range – varijaciona širina / range; Sd – standardna devijacija / standard deviation; Cv – koeficijent varijacije / coefficient of variation [%]; skew – Pirsonov koeficijent asimetrije / Pearson's coefficient of skewness; kurt – Pirsonov koeficijent spljoštenosti / Pearson's coefficient of kurtosis

Prema navedenim podacima totalnog premera stabala pajasena, u okviru polno diferenciranih stabala, utvrđeno je da su ženska stabla zastupljena sa 66 jedinki ili 45,8% i imaju srednji prečnik 23,0 cm i srednju visinu 13,3 m, a muška stabla zastupljena su sa 65 jedinki ili 45,1% i imaju srednji prečnik 18,5 cm i srednju visinu 11,7 m (Tabela 3).

Struktura prsnih prečnika muških i ženskih stabala pajasena je slična, sa velikim koeficijentom varijacije od 43,8–49,5%, izraženom desnom asimetrijom i leptokurtičnom spljoštenošću. Manje razlike se uočavaju u maksimalnim zabeleženim prečnicima i srednjim prečnicima kod ženskih stabala pajasena. Raspon visina muških i ženskih stabala je sličan, sa nešto većim srednjim visinama i manjim koeficijentom varijacije kod ženskih stabala. Raspodela je platikurtična kod oba pola, sa slabo izraženom levom asimetrijom kod ženskih stabala i slabo izraženom desnom asimetrijom kod muških stabala (Tabela 4, Grafik 1). Evidentirano žensko stablo, sa prsnim prečnikom 74,2 cm, ukazuje na dugo prisustvo izvorišta za kolonizaciju pajasena na području zaštićenog prirodnog dobra „Bajfordova šuma”.

Tabela 3. Struktura stabala po polnosti u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma”
Table 3. Tree structure according to gender in the Protected Natural Area ‘Bajfordova šuma’

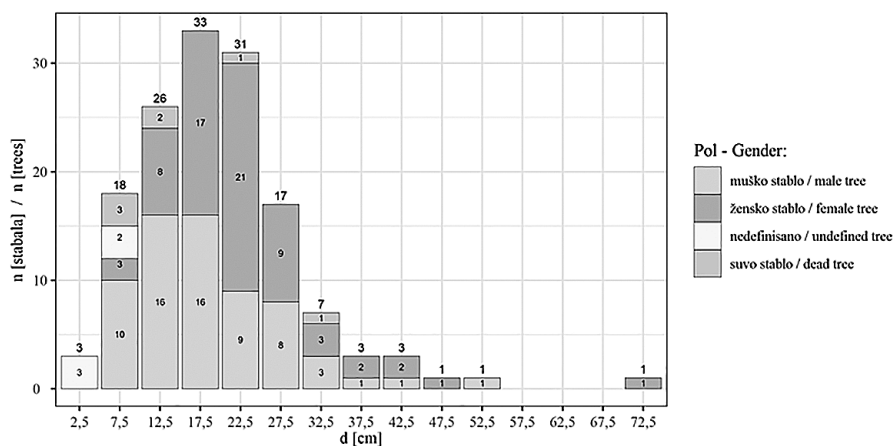
Numerički pokazatelj Numerical indicator	Pol / stanje stabla / Gender / tree condition			
	Muško (♂) Male (♂)	Žensko (♀) Female (♀)	Nedefinisano Undefined	Suvo Dead
n (stabala / trees)	65	66	6	7
d _a * (cm)	18,5	23,0	5,0	14,7
h _a (m)	11,7	13,3	5,8	9,5

*d_a i h_a — aritmetički srednji prečnik i visina / d_a and h_a — arithmetic mean diameter and height

Tabela 4. Numerički pokazatelji strukture prečnika i visina stabala pajasena različitih polova
Table 4. Numerical indicators of diameter and height structure of Tree-of-Heaven trees of different gender

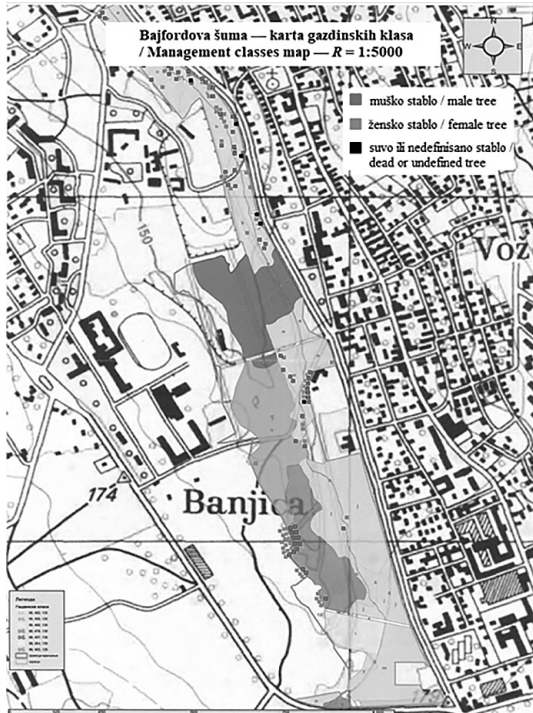
Parametar strukture Structure Structure indicator	Pol / Gender	mean	min	max	range	Sd	Cv	skew	kurt
Prečnik Diameter	Muško Male (♂)	18,5	5,0	50,8	45,8	9,16	49,5	1,164	1,887
	Žensko Female (♀)	23,0	5,8	74,2	68,4	10,07	43,8	2,426	9,764
Visina Height	Muško Male (♂)	11,7	5,2	20,9	15,7	3,71	31,7	0,22	-0,924
	Žensko Female (♀)	13,3	5,7	19,6	13,9	3,08	23,2	-0,38	-0,24

*n – broj premerenih stabala / number of measured trees; mean – aritmetička sredina / arithmetic mean; min – minimum / minimum; max – maksimum / maximum; range – varijaciona širina / range; Sd – standardna devijacija / standard deviation; Cv – koeficijent varijacije / coefficient of variation [%]; skew – Pirsonov koeficijent asimetrije / Pearson’s coefficient of skewness; kurt – Pirsonov koeficijent spljoštenosti / Pearson’s coefficient of kurtosis



Grafik 1. Debljinska struktura stabala pajasena po polnosti u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma”
Figure 1. Diameter structure of Tree-of-Heaven trees according to gender in the Protected Natural Area ‘Bajfordova šuma’

Kartografski pregled stabala ukazuje da se na istraživanom području pajasen javlja u većim ili manjim grupama, pretežno u obodnim delovima i uz pešačke staze, odnosno na više otvorenim površinama, a manje je prisutan u sastojinama očuvanog sklopa (Karta 1).



Karta 1. Prostorni raspored stabala pajasena na području zaštićenog prirodnog dobra „Bajfordova šuma”

Map 1. Spatial arrangement of Tree-of-Heaven trees in the Protected Natural Area ‘Bajfordova šuma’

U strukturi sastojina na području zaštićenog prirodnog dobra „Bajfordova šuma” značajno učešće imaju vrste drveća iz kategorije egzota, među kojima su invazivni neofiti (pajavac i bagrem) primarno unešene vrste. Kartiranje i premer pajasena, i utvrđena polna struktura stabala predstavlja detaljnu osnovu za celovito sagledavanje populacione dinamike ove sekundarne, invazivne, vrste drveća u zaštićenom prirodnom dobru. Prisustvo pajasena u podmakloj fazi kolonizacije i nesmetan razvoj predstavlja faktor dalje degradacije zaštićenog prostora, u smislu osiromašivanja specijskog biodiverziteta sastojina. Zato proces razgradnje sastojina, usled sušenja pojedinih vrsta drveća, egzogenih uticaja i drugih nepovoljnih uticaja, nalaže potrebu za intenzivnim antropogenim uticajem u procesu obnove pojedinih vrsta drveća u narušenim delovima sastojina, a u cilju sprečavanja podmlađivanja pajasena (Slika 1).

Intenzivan antropogeni uticaj u procesu nege kolonizovanih sastojina pajasenom, prema istraživanjima Bobinca i sar. (2020), zasniva se na primeni prilagođene tehnike gajenja šuma, koja je usmerena na zaustavljanje invazije pajasena i njegovu spontanu samoredukciju u uslovima sastojinskog sklopa. Takav pristup, zbog održanja sklopa, podrazumeva i gajenje pojedinačnih vitalnih stabala pajasena u neinvazivnom obliku (muška stabala) u određenom

prelaznom periodu, što se na području zaštićenog prirodnog dobra „Bajfordova šuma”, zbog specifičnog habitusa i kolorita ove vrste drveća, može smatrati poželjnim (Slika 2).



Slika 1. Prirodno podmlađivanje pajasena u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” (Foto: M. Bobinac, 2018)

Pictures 1. Natural regeneration of Tree-of-Heaven in the Protected Natural Area ‘Bajfordova šuma’ (Photo: M. Bobinac, 2018)



Slika 2. Habitus pajasena u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” (Foto: M. Bobinac, 2018)

Pictures 2. Tree-of-Heaven habit in the Protected Natural Area ‘Bajfordova šuma’ (Photo: M. Bobinac, 2018)

Učešće pajasena u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” sa 131 polno izdiferenciranim stablom, sa približno istim odnosom polova i sa sličnim srednjim prečnikom i sličnom srednjom visinom kao i debljinskom strukturom, ukazuje na mogućnost primene kompleksnih i prostorno diferenciranih uzgojnih mera, usmerenih sa jedne strane na kontrolu širenja i zaustavljanje invazije, a sa druge strane na revitalizaciju i očuvanje vrsta iz prirodne zajednice. Odnosno, navedeni podaci primarno ukazuju da na području zaštićenog dobra postoji značajan potencijal reproduktivnih stabala za širenje ove vrste drveća, ali i za gajenje u neinvazivnom obliku u određenom prelaznom periodu.

ZAKLJUČAK

Pajasen je zastupljena vrsta na skoro čitavoj površini zaštićenog prirodnog dobra „Bajfordova šuma”, pretežno uz rubne delove pojedinačno ili u grupama, i očekuje se njeno dalje širenje.

Srednji prečnik stabala pajasena iznosi 19,9 cm, a srednja visina 12,1 m. Varijaciona širina prečnika od 70,2 cm i varijaciona širina visina od 15,8 m, uz prostornu diferenciranost stabala, ukazuju na prisustvo više starosnih kategorija stabala u analiziranoj populaciji.

Evidentirano žensko stablo sa prsnim prečnikom 74,2 cm ukazuje na dugo prisustvo izvorišta semena za kolonizaciju pajasena u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma”.

U ukupno evidentiranom broju stabala pajasena u jesen 2018. godine, sa prečnikom od 4,0 cm u iznosu 144, polno je izdiferencirano 131. stablo, sa približno istim odnosom polova i sa sličnim srednjim prečnikom i sličnom srednjom visinom kao i debljinskom strukturom.

Evidentiranje pajasena po polnosti omogućilo je osnovu za definisanje značaja ove vrste, od izrazito invazivne korovske, do vrste koja se usmereno gaji u određenom prelaznom periodu na površinama na kojima je zastupljena u podmakloj fazi kolonizacije, odnosno osnovu za monitoring i pravilno upravljanje ovom vrstom drveta u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” do postizanja uslova za njeno potpuno uklanjanje.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja — Ugovor o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2023. godini (Ugovor: 451-03-47/2023-01/200169; 451-03-9/2022-14/200169; 451-03-47/2023-01/200053).

LITERATURA

Andelić, S.: Zastupljenost invazivne neofite pajasena *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, u zaštićenom prirodnom dobru „Gljive Ade Ciganlije” i predlog mera za zaustavljanje invazije. Master rad, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, 1-36, 2022.

- Bobinac, M.:** Posledice kolonizacije pajasena (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swingle) na strukturu izdanačkih sastojina lipe u NP Fruška Gora. *Acta herbologica*, 21 (1), 51-60, 2012. <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0354-43111201051B>
- Bobinac, M., Šijačić-Nikolić, M.:** Application of sexual dimorphism in thinning stands colonized by Tree of Heaven (*Ailanthus altissima* /Mill./Swingle). U: B. Vasiljević (Ed.), Book of Abstracts of the V Congress of the Serbian Genetic Society, Pre Breeding and Breeding-VII-73, Kladovo, Belgrade, Serbia, p. 324, 2014.
- Bobinac, M., Andrašev S., Šijačić-Nikolić, M., Bauer Živković, A., Šušić, N.:** Učešće invazivnih neofita u strukturi mladih šumskih sastojina u NP „Fruška gora”. U: S. Puzović (Ed.), Proceedings of the 2nd International Symposium on Nature Conservation „Nature Conservation — Experiences and Perspectives”, Novi Sad, Institute for Nature Conservation of Vojvodina Province, 363-372, 2016a.
- Bobinac, M., Andrašev, S., Bauer Živković, A., Šušić, N.:** Predlog uzgojnih mera u zaustavljanju invazije pajasena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) i saniranju posledica kolonizacije u degradiranim sastojinama na području NP „Fruška gora”. *Acta herbologica*, 25 (1), 43-55, 2016b. <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0354-43111601043B>
- Bobinac, M., Andrašev, S., Šijačić-Nikolić, M., Bauer-Živković, A., Šušić, N., Jakovački, M., Vukolić, P.:** Novi tehnološki postupak u gajenju šuma za biološku kontrolu širenja pajasena (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swingle). Novo tehničko rešenje primenjeno na nacionalnom nivou, Ministarstvo nauke, prosvete i tehnološkog razvoja, Matični naučni odbor za biotehnologiju i poljoprivredu, 1-26, 2019.
- Bobinac, M., Šijačić-Nikolić, M., Andrašev, S., Bauer-Živković, A., Šušić, N.:** Novi tehnološki postupak u gajenju šuma za biološku kontrolu širenja pajasena. U: Lazarević R. (Ed.), Zbornik radova sa naučnog skupa „Značaj razvojnih istraživanja i inovacija u funkciji unapređenja poljoprivrede i šumarstva Srbije”, Akademija inženjerskih nauka Srbije - AINS, Odeljenje biotehničkih nauka, Akademska misao, Beograd, str. 129-140, 2020.
- Bobinac, M., Šijačić-Nikolić, M., Bauer, A., Andrašev, S., Jakovački, M., Vukolić, P.:** Definisane mere za biološku kontrolu širenja pajasena (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swingle) i revitalizaciju ugroženih sastojina na području NP „Fruška gora” u 2015., studija, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Uprava za šume, <https://upravazasume.gov.rs/domaci-projekti/>, str. 1-23, 2016c.
- Bobinac, M., Andrašev, S., Šušić, N., Radaković, N., Maksimović, M.:** Utvrđivanje rasprostranjenosti pajasena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) na području Nacionalnog parka „Đerdap” i predlog uzgojnih mera za zaustavljanje dalje invazije, studija, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, str. 1-40, 2021.
- Brus, R., Arnšek, T., Gajšek, D.:** Regeneration and Spread of Tree of Heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) in the Goriška region. *Gozdarski Vestnik*, 74 (3), 115-125, 2016. <http://zgds.si/wp-content/uploads/2017/01/gozdarskiVestnik2016.pdf>
- Castro-Díez, P. et al.:** Global effects of non native tree species on multiple ecosystem services. *Biological Reviews*, 94, 4, 1477-1501, 2019. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/brv.12511>
- Gojković, Z.:** Zastupljenost invazivne neofite *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle u zaštićenom prirodnom dobru „Bajfordova šuma” i predlog uzgojnih mera za zaustavljanje dalje invazije. Master rad, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, str. 1-45, 2020.
- Grbić, M., Đukić, M., Obratov-Petković, D., Cvejić, J., Tomićević, J., Skočajić, D. i sar.:** Invazivne biljke u biotopima Beograda, Studija, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd, 2010.
- Grigorescu, I., Dumitrașcu, M., Kucsicsa, G., Doroftei, M., Năstase, M., Dragotă, C. S.:** Predicting the Potential Distribution of *Ailanthus altissima*, an Invasive Terrestrial Plant Species in Măcin Mountains National Park (Romania). In: Koulov, B., Zhelezov, G. (Eds), Sustainable Mountain Regions: Challenges and Perspectives in Southeastern Europe. Springer, Cham., 2016. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-27905-3_12
- Grime, J. P., Jeffrey, D. W.:** Seedling establishment in vertical gradients of sunlight. *Journal of Ecology*, 53 (3), 621-642, 1965. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2257624.pdf>
- Herman, J.:** Šumarska dendrologija, Priručnik, Stanbiro, Zagreb, 1-470, 1971.

- Idžojtić, M.:** Dendrologija — Cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvine tehnologije, Zagreb, 2013.
- Jovanović, B.:** Dendrologija. Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- Jovanović, S., Filipović, V., Mačukanović, M., Dražić, G., Stevanović, B.:** Rasprostranjenje i ekologija vrste *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle na području grada Beograda. Glasnik Instituta za botaniku i botaničke bašte Univerziteta u Beogradu, XXXI, 9-12, 1997. https://botanicaserbica.bio.bg.ac.rs/arhiva/pdf/1997_31__474.pdf
- Karadžić, D., Knežević, M., Milijašević, T., Marković, Č., Košanin, O.:** Fitopatološka, entomološka i pedološka istraživanja u zaštićenom prirodnom dobru „Banjička šuma.” Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, 1-70, 2007.
- Knüsel, S.:** Tree of heaven or hell? On the ecology of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, Doctoral dissertation, ETH Zurich, 2019. <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/364287>
- Kowarik, I., Säumel, I.:** Biological flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 8, 207-237, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.03.002>
- Kowarik, I., Säumel, I.:** Water dispersal as an additional pathway to invasions by the primarily wind-dispersed tree *Ailanthus altissima*. Plant Ecology, 198 (2), 241-252, 2008. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-008-9398-x>
- Lieβ, N., Drescher, A.:** *Ailanthus altissima* spreading in the Danube National Park—possibilities of control. Neobiota, 7, 84-95, 2008.
- Martin, P. H., Canham, C. D.:** Dispersal and recruitment limitation in native versus exotic tree species: life-history strategies and Janzen-Connell effects. Oikos, 119 (5), 807–824, 2010.
- Milošević-Brevinac, M.:** Bagrem i pajasen u seljačkom pošumljavanju. Šumarski list, 9, 401–409, 1950.
- Montecchiari, S., Tesi, G., Allegranza, M.:** *Ailanthus altissima* forests determine a shift in herbaceous layer richness: A paired comparison with hardwood native forests in sub-Mediterranean Europe. Plants, 9, 10, 1404, 2020. <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/10/1404>
- Nikolić, T., Mitić, B., Boršić, I.:** Flora Hrvatske, invazivne biljke. Zagreb, 2014.
- Obratov-Petković, D., Bjedov, I., Radulović, S., Skočajić, D., Đunisijević-Bojović, D., Đukić, M.:** Ekologija i rasprostranjenje invazivne vrste *Aster lanceolatus* Willd. na vlažnim staništima Beograda. Glasnik Šumarskog fakulteta, 100, 159-178, 2009. <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0353-453709001590>
- Rebeck, J., Jolliff, J.:** How long do seeds of the invasive tree, *Ailanthus altissima* remain viable? Forest Ecology and Management, 429 (1), 175-179, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.001>
- Stajić, B., Vučković, M.:** Rast i proizvodnost šuma. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, 2023.
- Stojanović, V., Bjedov, I., Jovanović, I., Jelić, I., Obratov-Petković, D., Nešić, M., Nedeljković, D.:** Odabrane invazivne strane vrste u flori Srbije, Građa za izradu nacionalnog propisa o sprečavanju unošenja i širenja invazivnih stranih vrsta i njihovom upravljanju. Zavod za zaštitu prirode Srbije, 2021.
- Stojičić, Đ.:** Praćenje fenologije invazivnih drvenastih vrsta. U: D. Obratov-Petković (Ed.), Monografija: Ukrasne i invazivne biljke u uslovima klimatskih promena—uticaji i adaptacije, Beograd, 154-168, 2017.
- Tucović, A., Isajev, V.:** Dimorfizam i funkcije cvetova i svasti pajasena. Glasnik instituta za botaniku i botaničke bašte Univerziteta u Beogradu, 29, 157-165, 1995. https://botanicaserbica.bio.bg.ac.rs/arhiva/pdf/1995_29__457.pdf
- Tucović, A., Isajev, V., Šijačić-Nikolić, M.:** Biološke osobine *Ailanthus altissima* Swingle — korov drveta. Acta herbologica, 5 (1), 67-78, 1996.
- Vrbničanić, S., Karadžić, B., Dajić-Stevanović, Z.:** Adventivne i invazivne korovske vrste na području Srbije. Acta herbologica, 13 (1), 1-12, 2004. <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0354-43110401001V>
- van der Veken, S., Verheyen, K., Hermy, M.:** Plant species loss in an urban area (Turnhout, Belgium) from 1880 to 1999 and its environmental determinants. Flora, 199, 516-523, 2004. <https://doi.org/10.1078/0367-2530-00180>
- Vilá, M., Basnou, C., Gollasch, S., Josefsson, M., Pergl, J., Scalera, R.:** One Hundred of the Most Invasive Alien Species in Europe. U: Drake, J.A. (Ed.), Handbook of Alien Species in Europe, DAISIE, 265-268, 2008.

- Vojnich, V. J., Udvardy, O., Kajtor-Apatini, D., Ferencz, Á., Szarvas, A., Makra, L., Magyar, D.: Koncentracija polena invazivnog pajasena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) na području Velike severne ravnice Mađarske. *Acta herbologica*, 31 (1), 43-52, 2022. <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0354-43112201043V>
- Wickert, K. L., O'Neal, E. S., Davis, D. D., Kasson, M. T.: Seed production, viability, and reproductive limits of the invasive *Ailanthus altissima* (Tree-of-Heaven) within invaded environments. *Forests*, 8, 7, 226, 2017. <https://doi.org/10.3390/f8070226>
- Anonimni autor*: Posebna osnova gazdovanja šumama za GJ „Banjica”, (2003–2012), 2002.
- Anonimni autor*: Osnova gazdovanja šumama za GJ „Bajfordova šuma” (2013–2022). Javno komunalno preduzeće „Zelenilo – Beograd”, Beograd, 2012.
- Anonimni autor*: Studija zaštite Spomenika prirode „Bajfordova šuma”, Zavod za zaštitu prirode, Beograd, 2015.
- Anonimni autor*: Osnova gazdovanja šumama za GJ „Bajfordova šuma” (2013–2022). Javno komunalno preduzeće „Zelenilo – Beograd”, Beograd, 2022.

Gender structure of Tree-of-Heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) in the protected natural area ‘Bajfordova šuma’ on the territory of Belgrade — the basis for biological control of its expansion and planned reduction

SUMMARY

Tree-of-Heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) is an invasive tree species in Serbia that threatens the floristic biodiversity in natural stands and urban areas. It is a heliophyte with rapid growth in the initial phase of development and a well-expressed adaptability to different environmental conditions in open habitats. With early maturity and abundant fruiting almost every year, and the ability of seeds to be transported far from the maternal tree, the tree-of-heaven can rapidly colonize the stands (with disturbed stand structure) of other tree species. It is also a dioecious woody plant. If gender dimorphism of tree-of-heaven is used as a criterion for tree selection in thinning, it can be applied to affect the generative expansion of the species. Within the stand canopy closure, it can be used to influence the growth and survival of generative and vegetative offspring. Differentiation of fruit bearing-female and non-fruit-bearing-male trees is carried out during the flowering phase on the basis of its inflorescences. Selection of fruit-bearing-female flowers is carried out during the whole year by checking for the presence of fruit and inflorescence petioles that are retained in the crown after the fruit shedding. Gender dimorphism of the species served as the basis for the gender structure determination in the protected natural area „Bajfordova šuma” in Belgrade.

Out of 40.08 ha of the protected natural area, tree-of-heaven was recorded individually or in groups, in an area of 27.09 ha, with 131 sexually differentiated trees with diameters within the range of 5-74 cm and heights within the range of 5-21 m.

Within the aforementioned number of trees, the share of female and male trees is almost equal, but varies spatially. The recorded female and male trees are the basis for monitoring, planned reduction and tree-of-heaven growing in a non-invasive form in the protected natural area „Bajfordova šuma”.

Keywords: invasive neophytes, urban forests, quantitative representation, thinning.