



OPEN ACCESS

DOI: 10.5937/topola2210029M

UDK: 630*2:582.632.2(497.113 Fruška gora)

Originalni naučni rad

Strukturne, proizvodne i razvojne karakteristike hrasta kitnjaka na Fruškoj gori

Bratislav Matović^{1*}, Marko Stojanović², Srđan Stojnić¹, Saša Kostić¹, Dejan B. Stojanović¹¹ Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad, Republika Srbija² Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences, Brno, Češka Republika

* Autor za korespondenciju: Bratislav Matović; E-mail: bratislav.matovic@uns.ac.rs

Datum prispeća rukopisa u uredništvo: 02.11.2022; Datum recenzije: 10.11.2022; Datum prihvatanja rukopisa za publikovanje: 11.11.2022.

Apstrakt: U radu su istraživane strukturne, proizvodne i razvojne karakteristike jedne potencijalno prezrele i devitalizovane sastojine hrasta kitnjaka na Fruškoj gori. Strukturne i proizvodne karakteristike su istraživane na oglednoj površini Bioindikacijske tačke Nivo 2, gde su korišćeni podaci iz dva premera 2015. i 2020. godine. Razvojne karakteristike su istraživane pomoću izvrtaka do centra sa 22 dominantna stabla hrasta kitnjaka, koji su uzorkovani 2014. godine i korišćenjem elektronskih i manuelnih dendrometara na šest stabala u periodu od 2015. do 2022. godine. Debljinska struktura pokazuje da je istraživana sastojina dvospratna i mešovita, a na osnovu debljinske strukture prvog sprata u prošlosti bila čista jednodobna sastojina hrasta kitnjaka. Proizvodnost u periodu od 2015. do 2020. godine pokazuje stagnaciju, ali sa jasnim smanjenjem učešća hrasta kitnjaka, naročito u ukupnoj temeljnici i zapremeni. Analizom starosti i razvojnih karakteristika, pojedinačna stabla pokazuje jasne znake devitalizacije tokom najvećeg dela njihovog života, a i za celu sastojinu možemo zaključiti da je značajno prestarila i u jasnoj devitalizaciji naročito posle 2019. godine. Rast prečnika u vegetacionom periodu se karakteriše sa malim vrednostima i dominantno nastaje u maju i junu. Opšti zaključak je da je istraživana sastojina izdanačka, prestarela, devitalizovana (glavni edifikator sastojine hrast kitnjak), sa regresijom hrasta kitnjaka u odnosu na druge konkurentske vrste i jako usporenom dinamikom rasta čak i na godišnjem nivou, što sa aspekta budućeg gazdovanja šumarsku struku stavlja u veoma nezavidnu ulogu i zahteva adaptivni pristup gazdovanja ovakvim sastojinama.

Ključne reči: Fruška gora, hrast kitnjak, struktura, proizvodnost, rast, vitalnost.*Original scientific paper*

Structural, production and development characteristics of sessile oak on Fruška Gora mountain

Abstract: In the paper, the structural, production and development characteristics of a potentially overripe and devitalized sessile oak stand on Fruška Gora were investigated. Structural and production characteristics were investigated on the ICP Forests plot Level 2, where data from two surveys in 2015 and 2020 were used. Developmental characteristics were investigated using center cores of 22 dominant sessile oak trees sampled in 2014 and using electronic and manual dendrometers on six trees from 2015

to 2022. The diameter distribution shows that the researched stand is two-storeyed and mixed, and based on the diameter distribution of the first floor, it was a pure even-aged stand of sessile oak in the past. Productivity in the period from 2015 to 2020 shows stagnation, but with a clear decrease in the share of sessile oak, especially in the total basal area and volume. By analyzing the age and development characteristics, individual trees show clear signs of devitalization during most of their life, and for the whole stand we can conclude that it is significantly too old and in clear devitalization, especially after 2019. The diameter growth in the growing season is characterized by small values and predominantly occurs in May and June. The general conclusion is that the researched stand is overaged, devitalized (the main species of the stand is the sessile oak), with the regression of the sessile oak in relation to other competing species and very slow growth dynamics even on an annual basis, which from the perspective of future management puts the forestry profession in a very unenviable role and requires an adaptive approach to managing such stands.

Keywords: Fruška Gora, sessile oak, structure, productivity, growth, vitality.

1. Uvod

Intenzivno dugoročno gazdovanje izdanačkim šumama (eng. Coppice forest management) ima dugu tradiciju u Evropi i tim načinom se gazdovalo još od vremena srednjeg veka (Rackham, 2008). Zbog socio-ekonomskih promena na početku dvadesetog veka, sve većeg korišćenja fosilnih goriva (uglja i nafte), i migracije stanovništva u gradove te manjih potreba za ogrevnim drvetom u ruralnim predelima, šume kojima se na ovaj način gazdovalo bivaju najčešće napuštene (Stajić et al. 2009). Izuzetak nisu i izdančke šume hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) u Srbiji kojima se u prošlosti najčešće gazdovalo sa kratkom obhodnjom (20-40 godina) i koja je zavisila od veličine potrebnih drvnih sortimenata (Stajić et al. 2009). Neuspešan pokušaj da se izdančke šume prevedu u visoke često je dovođio do stvaranja prezrelih izdanačkih šuma ili kako Stajić et al. (2009) navodi visokih izdanačkih šuma gde prevođenje nije bilo uspešno, jer je period transformacije bio preterano produžen. O izdanačkim šumama se u Srbiji govori u izrazito negativnom kontekstu i kao o jednom od glavnih uzroka lošeg kvaliteta šumskih sastojina. Zapravo napuštanje ovog tipa gazdovanja i samim time kratke ophodnje verovatno je dovelo i do devitalizacije ovih sastojina vegetativnog porekla (Stojanović et al. 2017a; Stojanović et al. 2017b). U srednjoj Evropi izdanačkim šumama se posvećuje dosta pažnje u poslednje dve decenije zbog sve većih potreba za obnovljivim izvorima energije (Suchomel et al. 2012), ali i zbog njihovog povoljnog uticaja na biodiverzitet (Müllerová et al. 2015).

Čiste i mešovite šume hrasta kitnjaka na Fruškoj gori zauzimaju površinu od oko 4660 hektara (Babić, 2014). U odnosu na ukupnu površinu šuma na Fruškoj gori od oko 23500 hektara, šume hrasta kitnjaka su zastupljene sa značajnim učešćem, oko 20 procenata. Međutim, procena je da je učešće izdanačkih sastojina u potpunoj dominaciji, a postoje i indicije da je značajan procenat prestarelih sastojina. Takođe, poslednjih pola veka je delimično usled načina gazdovanja ali i usled kompetativne inferiornosti kitnjaka u odnosu na druge vrste izražen trend smanjenja učešća hrasta kitnjaka, a značajnog povećanja lipe, graba i drugih vrsta drveća.

Ove činjenice i tendencije nam pokazuju da se šume hrasta kitnjaka na Fruškoj gori nalaze u relativno lošem stanju. Tome u prilog ide i morfološko stanje mnogih stabala hrasta kitnjaka, gde se u skoro svim starijim sastojinama može primetiti veliki broj suhovrhih stabala koji su nam često značajni indikatori propadanja i devitalizacije kako stabala tako i čitavih sastojina. Babić (2014) navodi i masovna sušenja hrasta kitnjaka na Fruškoj gori u bliskoj prošlosti, naročito u periodu od 1982. do 1997. godine. Na žalost, na području Fruške gore nije bilo dugoročnih istraživanja strukturnih, proizvodnih i razvojnih karakteristika stabala i sastojina hrasta kitnjaka koja bi nam ove indicije mogli na objektivan način i naučno potvrditi. Najobimnije rezultate o strukturnim, proizvodnim i razvojnim karakteristikama hrasta kitnjaka na Fruškoj gori daje Babić (2014). Ovi rezultati nam u prvom redu procenjuju trenutnu strukturu, proizvodne i razvojne karakteristike zrelih izdanačkih sastojina hrasta

kitnjaka na osnovu jednog premera. Stamenković i Vučković (1990) su na Fruškoj gori analizirali uticaj debljinskog prirasta na vitalnost i sušenje u zrelim izdanačkim sastojinama hrasta kitnjaka. Izuzetak su i dva novija dendrohonoška istraživanja koja detaljnije analiziraju rast i prirast stabala hrasta kitnjaka (Stajić et al. 2013; Stajić et al. 2015), ali iz jedne veštački podignute sastojine koja verovatno ne može pouzdano reprezentovati stanje prirodnih dominantno izdanačkih sastojina na Fruškoj gori.

U cilju praćenja i analize pojedinačnih stabala i sastojina za koje postoje jasne indicije sušenja, devitalizacije i gubitka kompeticije edifikatorskih vrsta sa konkurentskim drugim vrstama posebno je važno da se sprovedu permanentna dugoročna istraživanja strukturnih, proizvodnih i razvojnih karakteristika, dendrohronološka istraživanja i praćenje dugoročne dinamike rasta ali i kratkoročne, na godišnjem nivou. Pojedinačna merenja nam u ovakvim situacijama nisu od velike koristi.

Cilj ovog rada je da se pomoću detaljnog i permanentnog istraživanja jedne potencijalno prezrele sastojine hrasta kitnjaka (u prošlosti čiste a sada mešovite sastojine) sa indicijama sušenja, devitalizacije i gubitka kompeticije hrasta kitnjaka u odnosu na druge vrste drveća analiziraju promene strukture, proizvodnih i razvojnih karakteristika koja nam mogu dati objektivne informacije kako o stanju u prošlosti i sadašnjosti tako i osnove za procenu budućnosti hrasta kitnjaka na Fruškoj gori.

2. Materijal i metod rada

Lokalitet na kome je sprovedeno višegodišnje istraživanje je Bioindikacijska tačka Nivoa 2 na Fruškoj gori (koordinate: N 45.156944° i E 19.811389°, nadmorska visina 485 metara). U sastojini, u prvom spratu, dominira hrast kitnjak, na osnovu izgleda pridanka dominantno izdanačkog porekla. Na osnovu morfoloških karakteristika hrasta kitnjaka (sušenje stabala, suhovernost) ima indicija da su stabla stara i u procesu devitalizacije. Pored hrasta kitnjaka, u prvom spratu zastupljena su i pojedinačna i grupe stabla bukve (*Fagus sylvatica* L.), lipe (*Tilia spp.*) i graba (*Carpinus betulus* L.), a najčešće u drugom spratu pored navedenih vrsta zastupljena su i pojedinačna stabla mleča (*Acer platanoides* L.), crnog jasena (*Fraxinus ornus* L.) i divlje trešnje (*Prunus avium* L.).

U cilju dugoročne analize strukture, proizvodnih i razvojnih karakteristika hrasta kitnjaka postavljena je jedna probna površina koja je u horizontalnoj projekciji dimenzija 50 x 50 metara. Na lokalitetu su u kasnu jesen 2015. i 2020. godine izvršena detaljna taksaciona merenja. Na obročanim stablima, su na tačno utvrđenoj i obeleženoj prsnoj visini premereni unakrsni prečnici (tačnost 1 mm) svim stablima preko 5 cm. Zatim su svim stablima izmerene visine i visine na kojima počinje krošnja stabla. U cilju utvrđivanja starosti, porekla i rasta tokom života pojedinačnih stabala neposredno pored Bioindikacijske tačke (na samoj tački nije dozvoljeno bušenje stabala) 2014. godine bušena su 22 dominantna stabla hrasta kitnjaka do centra na prsnoj visini sa Preslerovim svrdlom. Na samoj tački upotrebom elektronskih i manuelnih dendrometara praćene su promene obima šest dominantnih stabala hrasta kitnjaka u vegetacionom periodu od 2015. do 2022. godine. Merenja su vršena od kraja marta do polovine oktobra. Od 2015. do 2017. godine korišćeni su elektronski a od 2018. do 2022. godine manuelni dendrometri. Elektronski dendrometri su automatski očitavali promene obima stabala na svakih deset minuta, a sa manuelnih su korišćenjem nonijusa promene obima očitavane u proseku na deset dana. Prve godine istraživanja, na mestu merenja precizno je utvrđen obim stabala a narednih godina se strogo vodilo računa da se dendrometri uvek postavljaju na istim stablima, mestu i visini stabala.

Promene strukture u periodu od 2015. do 2020. godine su analizirane grafički (debljinska struktura) i numerički korišćenjem Gini (Gini) indeksa (O'Hara et al. 2007; Sterba, 2008; Matović et al. 2018). Gini indeks kvantifikuje strukturnu homogenost sastojine u intervalu od 0 do 1. Pojednostavljeno, male vrednosti indeksa su karakteristične za mlade jednodobne sastojine a velike vrednosti za prašume i prebirne šume. Standardnim dendrometrijskim metodama na probnoj površini su izračunate vrednosti osnovnih taksacionih elemenata i elemenata rasta i prikazane po hektaru: broj stabala, temeljnica, zapremina, srednji prečnik po temeljnici, Lorajeva visina. Zapremina je utvrđena primenom dvoulaznih zapreminskih tablica za hrast kitnjak (Špiranec, 1975). Standardnim dendrohronološkim metodama, utvrđena je širina godova i starost dominantnih stabala hrasta

kitnjaka. Na osnovu obima i promene obima izračunati su prečnici i promene prečnika koje su nastale kao rezultat nepovratnog radijalnog rasta stabla i reverzibilnog skupljanja usled deficita vode u elastičnim tkivima izvan kambijuma (Oberhuber, 2017). U cilju analize rasta u vegetacionom periodu i poređenja rasta u celom analiziranom periodu (2015. do 2022. godine) rast prečnika šest stabala su objedinjeni i prikazani prosečno. Da bi se mogli porediti, prosečni podaci za svaku godinu su izravnati primenom različitih funkcija (linearna regresija, polinomi i nelinearne regresije). Takođe, izravnanje nam u velikoj meri neutrališe vodni deficit, tj. smanjenje obima stabla koje nastaje usled deficita vode u stablu. Utvrđeno je da skoro za sve godine statistički kao najpreciznija bila Weibulova funkcija (Weibull):

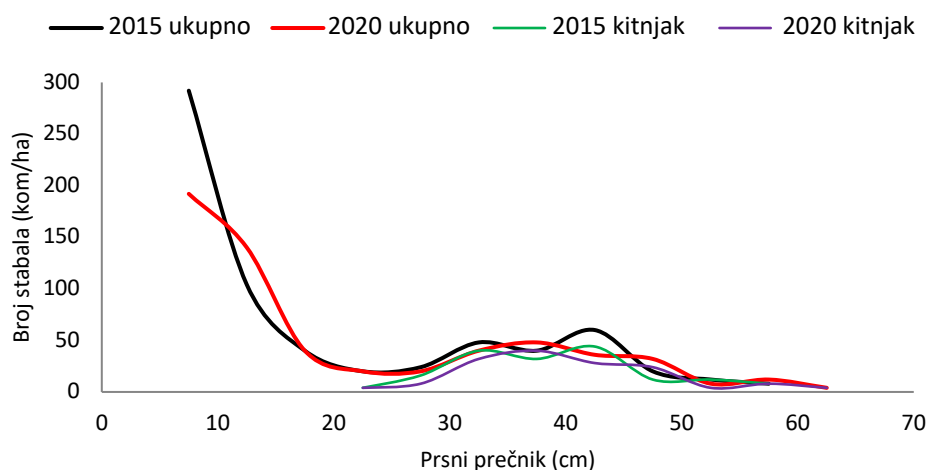
$$y = a - be^{-cx^d}$$

Inače, Weibulova funkcija se zajedno sa Gompercovom funkcijom (Gompertz) i najčešće koristi za izravnavanje rasta stabla tokom jedne godine ili vegetacionog perioda (Deslauriers et al. 2003; Rossi et al. 2003; van der Maaten et al. 2018; Gheyret et al. 2021).

Regresiona analiza je obrađena u softveru Curve Expert Basic 2.2.3.

3. Rezultati i diskusija

Debljinska struktura kada posmatramo celu sastojinu sa svim vrstama drveća nam daje indicije da ova sastojina se više i ne može smatrati jednodobnom čistom sastojinom hrasta kitnjaka kakva je bila u prošlosti, već pokazuje elemente dvospratne mešovite sastojine. Sa druge strane ako posmatramo samo stabla hrasta kitnjaka, debljinska struktura je zvonolika, ali spljoštena i razvučena (velika varijaciona širina) i pokazuje da se uslovno radi o zreloj jednodobnoj sastojini (Stamenković i Vučković, 1988). U posmatranom periodu od 2015. do 2020. godine nije bilo značajnijeg pomeranja debljinske strukture. Za sve vrste se vidi smanjenje broja tankih stabala u stepenu 7.5 cm, a posle 45 cm kriva se pomera blago u desno. Debljinska struktura za hrast kitnjak je bez značajnijeg pomeranja u desno što nam daje indicije da stabla slabo prirašćuju u debljinu (grafikon 1).



Grafikon 1. Debljinska struktura istraživane sastojine 2015. i 2020. godine.

Figure 1. Diameter distribution of the investigated stand in 2015 and 2020.

Ginijev indeks za taksacionu granicu od 10 cm, 2015. godine je 0.48 a 2020. godine se povećao na 0.50. Ovo su vrlo visoke vrednosti i nekarakteristične za jednodobne sastojine. U jednodobnim sastojinama ove vrednosti su najčešće od 0.15 do 0.30 (Sterba i Zingg, 2006; Bilek et al. 2011). U raznodobnim i prašumskim bukovim sastojinama u Srbiji pri istoj taksacionoj granici vrednosti ovog indeksa su od 0.45 do 0.57 (Matović et al. 2018). I ovaj rezultat nam pokazuje da ovakvu sastojinu više

ni u strukturnom smislu ne možemo smatrati jednodobnom. Takođe, važna je i činjenica da se u istraživanom petogodišnjem periodu, koji je relativno kratak u odnosu na ukupnu starost sastojine, strukturna heterogenost sastojine još i povećala.

Zbog gustog podrasta i niske taksacione granice (5 cm) ukupan broj stabala je vrlo visok i na početku i na kraju posmatranog perioda, ali se broj smanjio za oko 6%. Temeljnica i zapremina su ostale na približno istom nivou. Međutim, po svim navedenim elementima učešće hrasta kitnjaka se smanjilo, naročito u temeljnici i zapremini. To jasno indicira da se i u kratkom periodu od pet godina proizvodnost hrasta kitnjaka smanjuje u odnosu na konkurentske vrste drveća. Srednji prečnik po temeljnici za sve vrste i posebno za hrast kitnjak i Lorajeva visina za sve vrste su se blago povećale (tabela 1).

Tabela 1. Proizvodne karakteristike istraživane sastojine 2015. i 2020. godine.

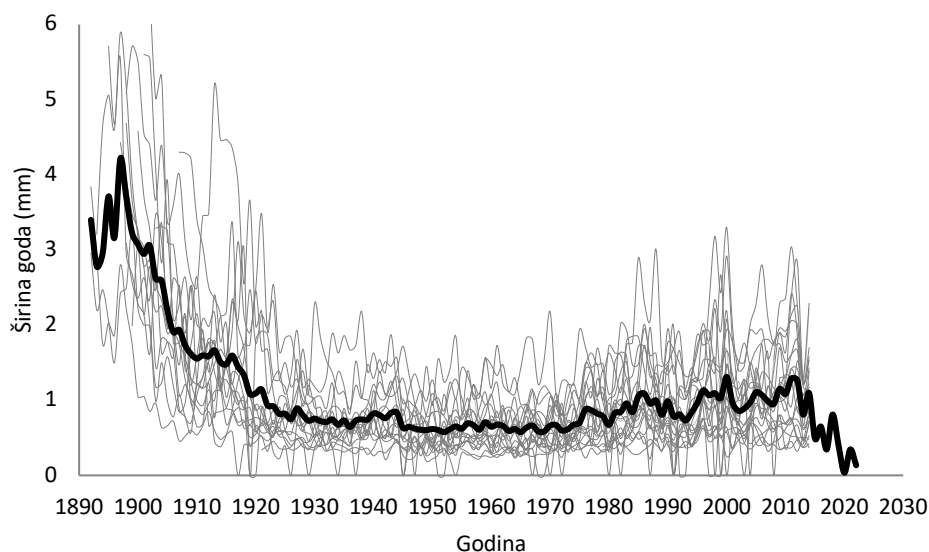
Table 1. Production characteristics of the investigated stand in 2015 and 2020.

Godina	N	N	G	G	V	V	d _g	d _g	H _t
	ukupno (kom/ha)	kitnjak (%)	ukupno (m ² /ha)	kitnjak (%)	ukupno (m ³ /ha)	kitnjak (%)	ukupno (cm)	kitnjak (cm)	ukupno (m)
2015	668	25.00	31.009	68.29	372.38	72.64	24.2	40.1	22.4
2020	624	24.36	30.894	64.88	374.92	69.31	25.1	41.0	22.9

Na stablima hrasta kitnjaka na izvrcima koji su obuhvatali i anatomski centar na prsnoj visini je utvrđena starost od 127 do 131 godine. Na svim izvrcima su utvrđeni veoma uski godovi, izuzetak su prvih 5-10 godina. To jako indicira da su stabla izdanačkog porekla, što je i ranije naglašeno na osnovu izgleda pridanka stabala. Sa procenom da je stablima izdanačkog porekla bilo potrebno da do prsne visine porastu prosečno ne više od 5 godina, s obzirom da je Matović (2019) utvrdio da je u visokim raznodobnim šumama bukve u Srbiji prosečno potrebno oko 10 godina, trenutna ukupna starost stabala se procenjuje na 132 do 136 godina. Ako pretpostavimo da bi ophodnja u izdanačkim šumama hrasta kitnjaka trebala da iznosi 80 godina, dobijene starosti nam pokazuju da je istraživana sastojina značajno prestarila. Na žalost, to je po našem mišljenju verovatno i jedan od glavnih gazdinskih problema za mnoge sastojine hrasta kitnjaka na Fruškoj gori.

Na grafikonu 2 prikazana je širina godova uslovno od nastanka sastojine tj. od perioda kada su mlada stabla hrasta kitnjaka prerasla prsnu visinu pa do danas. Od nastanka sastojine do 2014. godine korišćeni su rezultati dobijeni sa izvrtaka sa 22 stabla a od 2015. do 2022. godine korišćeni su prosečne vrednosti širine godova 6 stabala dobijene sa elektronskih i manuelnih dendrometara. Sa grafikona se jasno vidi da je prosečna kulminacija za 22 stabla nastupila u 6. godini od kada su stabla dostigla prsnu visinu. Ako pretpostavimo da je stablima bilo potrebno oko 5 godina da porastu do prsne visine, faktički je prosečna kulminacija nastupila neposredno posle desete godine života sastojine. I ova činjenica jasno potvrđuje da je ova sastojina dominantno izdanačkog porekla. Važan podatak je i da je širina goda od 1897. godine kada je prosečno bila preko 4 mm do 1922. godine (25 godina kasnije) se smanjila na ispod jednog mm i na približnom nivou se zadržala sve do 1986. godine. Nakon 1986. godine prosečna širina godova se blago povećala do maksimalnih 1.3 mm, što i dalje su jako niske vrednosti. Stamenković i Vučković (1990) smatraju da debljinski prirast stabala hrasta kitnjaka ispod 3 mm, odnosno širina goda ispod 1.5 mm je na kritičnoj granici da ta stabla mogu uopšte opstati. Nakon klimatski jako sušnih i toplih godina (od 2011. do 2013. godine) prosečna širina goda se naglo smanjila i u poslednjih deset godina je manja od 1 mm, a poslednje četiri godine je znatno manja i od pola mm. Naravno, iako ima jasnih indicija, mi ne tvrdimo da je ovako značajno smanjenje uzrokovano sušom i to i nije bio cilj ovog istraživanja. Mnogi autori navode da kitnjak od najrasprostranjenijih evropskih vrsta ipak spada u najotpornije vrste na sušu (Arend et al. 2011; Dorado-Liñán et al. 2019; Bose et al. 2021). Poznato je da starost ima značajan uticaj na smanjenje debljinskog prirasta, ali je kod hrastova izražen i fenomen relativno širokih godova i u velikoj starosti (Stamenković i Vučković, 1988), pa ove činjenice ne treba zanemariti. Međutim, i ovakvi rezultati opterećeni uticajem starosti na širinu goda nam indiciraju značajnu devitalizaciju stabala hrasta kitnjaka i verovatno sušenje istraživanih stabala

koje se može očekivati u narednom periodu. Proces sušenja i suhovernosti značajnog broja susednih stabala već je evidentiran.



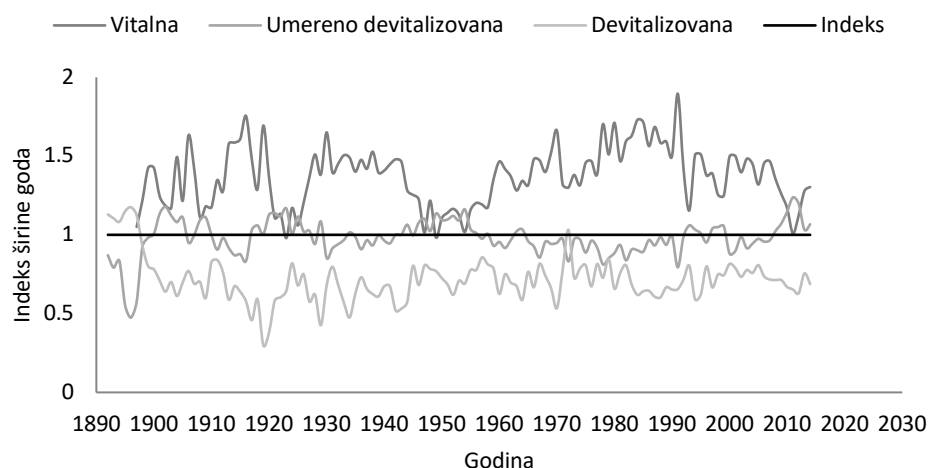
Grafikon 2. Pojedinačne i prosečna hronologija hrasta kitnjaka na Fruškoj gori.
Figure 2. Individual and average chronology of the sessile oak on Fruška Gora mountain.

Vučković et al. (2005) u cilju minimiziranja uticaja starosti predlažu korišćenje indeksa širine godova po formuli:

$$I = \frac{i_r}{\hat{i}_r}, \text{ gde je: } i_r - \text{ širina goda; } \hat{i}_r - \text{ širina goda definisana regresionom jednačinom}$$

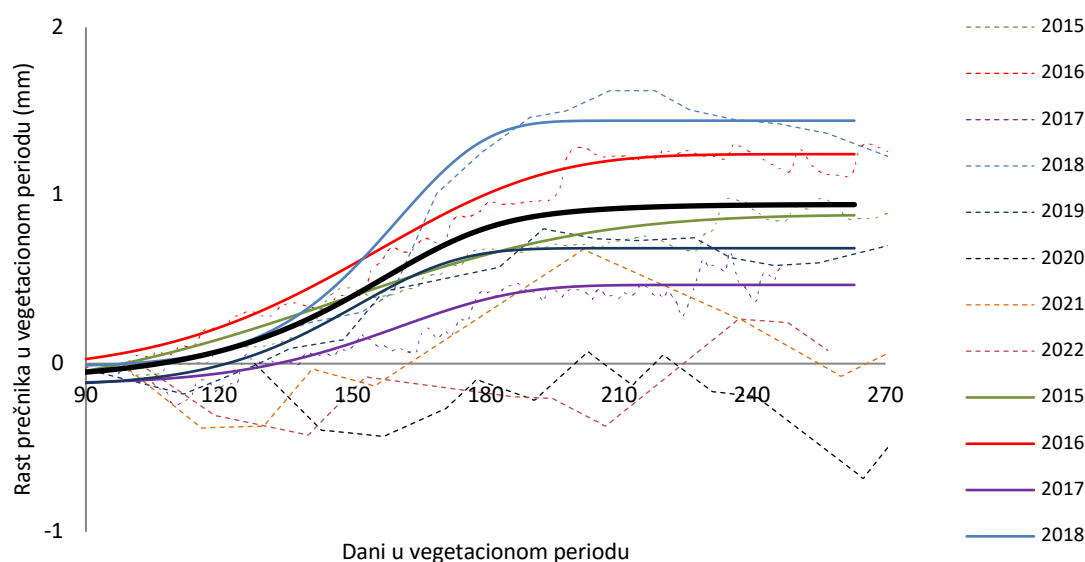
Analizom vrednosti indeksa širine godova u našem istraživanju u periodu od 1892. do 2014. godine sva stabla možemo uslovno podeliti u tri grupe: 5 stabala koja pokazuju veće vrednosti indeksa od 1 tokom najvećeg dela posmatranog perioda (vitalna stabla), 11 stabala koja približno imaju vrednosti oko 1 (umereno devitalizovana) i 7 stabala gde vrednosti indeksa su dominantno ispod 1 (devitalizovana stabla). Ipak, s obzirom i na prethodne zaključke, ovu podelu i nazive stabala treba posmatrati samo kao meru stepenovanja devitalizacije stabala. Vitalna stabla u poređenju sa ostale dve grupe stabala pokazuju veće vrednosti indeksa širine godova, ali to ne znači da i ta stabla nisu u procesu devitalizacije naročito sa padom indeksa posle 2007. godine. Umereno devitalizovana stabla karakteriše višedecenijska devitalizacija u periodu od 1950. do 2000. godine, dok devitalizovana stabla su samo u ranoj mladosti imala indekse širine goda veće od 1, i faktički su ta stabla čitav život provela u nekom vidu devitalizacije. Na grafikonu 3 prikazane su vrednosti indeksa širine godova za tri navedene grupe.

Na grafikonu 4 prikazani su stvarni i izravnati prosečni rast prečnika 6 stabala hrasta kitnjaka u vegetacionom periodu od 2015. do 2022. godine. Samo u dve godine (2016. i 2018.) su prosečni prečnici bili veći od 1 mm na kraju vegetacionog perioda što znači da je prosečna širina godova za šest stabala bila nešto veća od pola mm. U 2015., 2017. i 2019. godini stvarni prosečni rast je pokazivao pozitivne vrednosti tokom celog vegetacionog perioda. Posle 2019. godine (2020., 2021. i 2022.) stvarni prosečni rast je u najvećem delu vegetacionog perioda bio negativan, što znači da je nepovratni radijalni rasta stabla bio manji od reverzibilnog skupljanja stabla usled deficita vode u elastičnim tkivima izvan kambijuma u tim godinama. Za ove tri godine nije bilo moguće Vejbulovom funkcijom izravnati stvarni prosečni rast i u daljim analizama nisu ni korišćene. Uopšteno, može se zaključiti da su stabla hrasta kitnjaka već odavno u procesu devitalizacije, a proces je naročito radikaln poslednje tri godine. Na grafikonu 4 prikazani su stvarni prosečni rast 6 stabala i izravnati prosečni rast za period od 2015. do 2019. godine dobijene primenom Vejbulove funkcije.



Grafikon 3. Indeks širine godova vitalnih, umereno devitalizovanih i devitalizovanih stabala hrasta kitnjaka.

Figure 3. Index of width rings of vital, moderately devitalized and devitalized sessile oak trees.



Grafikon 4. Stvarni i izravnati prosečni rast prečnika 6 stabala hrasta kitnjaka u vegetacionom periodu od 2015. do 2022. godine (tanke isprekidane linije u boji - stvarni rast; srednje linije u boji - izravnati rast; debela crna linija - prosečan izravnati rast).

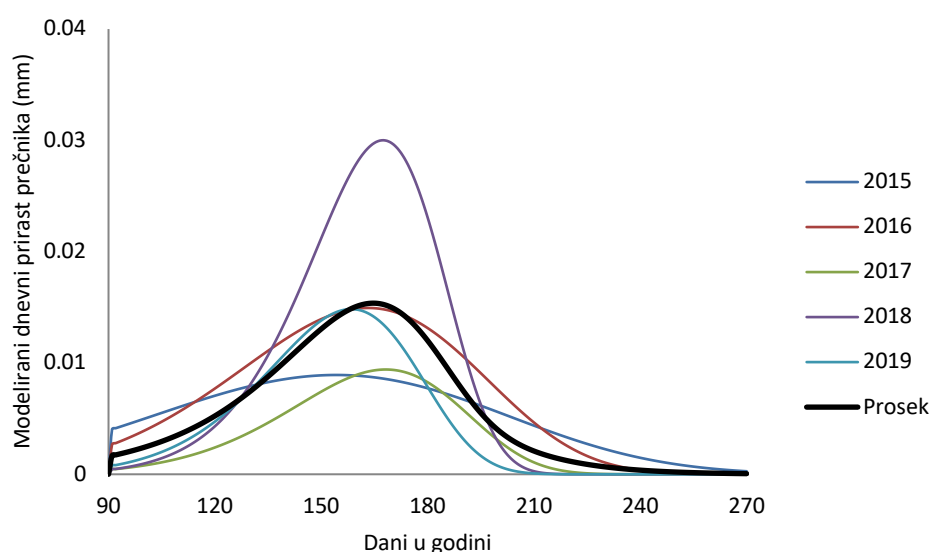
Figure 4. Real and smoothed average growth of the diameter of 6 sessile oak trees in the growing season from 2015 to 2022 (thin dashed colored lines - real growth; medium colored lines - smoothed growth; thick black line - average smoothed growth).

U tabeli 2 su prikazani procenjeni parametri i statistički pokazatelji Vejbulove funkcije u periodu od 2015. do 2019. godine. Za ovih pet godina statistički pokazatelji pokazuju da Vejbulova funkcija se pouzdano može koristiti za izravnanje stvarnog prosečnog rasta prečnika koji se meri primenom elektronskih i manualnih dendrometara.

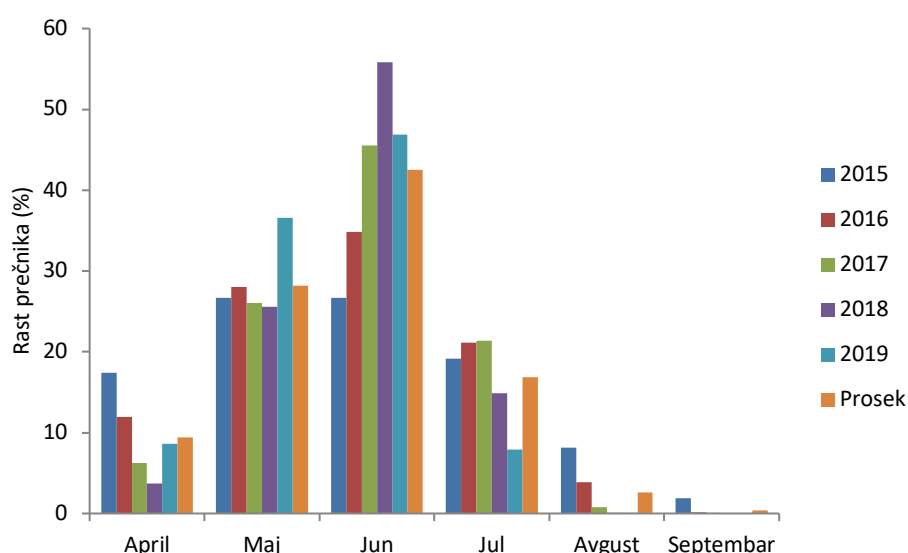
Tabela 2. Procenjeni parametri i statistički pokazatelji primene Weibulove funkcije.**Table 2.** Estimated parameters and statistical indicators of Weibull function application.

Godina	a	b	c	d	Se	r
2015	8.85817E-01	1.06197E+00	6.70701E-09	3.67449E+00	0.06526	0.982
2016	1.24585E+00	1.28536E+00	1.98451E-12	5.25020E+00	0.06256	0.991
2017	4.68275E-01	5.88315E-01	3.53504E-17	7.36718E+00	0.07106	0.957
2018	1.44506E+00	1.46332E+00	1.38222E-21	9.36334E+00	0.11722	0.979
2019	6.86534E-01	8.16128E-01	4.19672E-18	7.87695E+00	0.06077	0.983

Kada izračunamo prvu derivaciju iz izravnatih podataka dobijenih Weibulovom funkcijom dobijamo modelirani dnevni prirast prečnika ili modelirani dnevni debljinski prirast (Oberhuber et al. 2014; Oberhuber, 2017). Ovaj pristup nam omogućava da procenimo početak i kraj rasta prečnika u vegetacionom periodu, a takođe i vreme intenzivnog rasta i kulminacije. Na grafikonu 5 vidimo da se pojedinačno po godinama kulminacija dešava najčešće između 155. i 170. dana u godini. Prosečno za pet godina oko 165. dana što je polovina juna. Početak rasta procenjujemo negde oko 90. do 110. dana (prve dve dekade aprila), mada zbog često izraženog vodnog deficita i „negativnih“ vrednosti prirasta procena početak rasta je najmanje pouzdana i u stvarnosti može nastupiti i kasnije od procena koje smo dobili primenom Weibulove funkcije. Zweifel et al. (2016) su procenili kod većeg broja vrsta da kada dolazi do suženja stabla usled izraženog vodnog deficita, rasta uopšte i nema ili je veoma mali. Barbaroux i Breda (2002) u Francuskoj u jednoj mladoj sastojini hrasta kitnjaka na oko 240 metara nadmorske visine, na osnovi stvarnih vrednosti očitanih sa dendrometara tokom vegetacione sezone 1998. godine, početak rasta procenjuju oko 115. dana u godini (kraj aprila). Michelot et al. (2012) su istraživali dinamiku rasta u vegetacionom periodu u kitnjakovoj šumi pored Pariza na nadmorskoj visini od 120 metara u 2009. godini koja je bila toplija za 1.2°C u odnosu na normalu od 1960. do 2007. godine, dok je količina padavina bila u proseku. Utvrdili su početak rasta oko 90. dana u godini (1. april). Završetak rasta procenjujemo u zavisnosti od godine od 205. do 270. dana u godini (kraj jula do kraja septembra), prosečno oko 240. dana (kraj avgusta). Barbaroux i Breda (2002) značajnije smanjenje i prestanak rasta procenjuju na oko 210. dana u godini. Michelot et al. (2012) su procenili kraj rasta na oko 205 dana u godini (oko 25. jula).

**Grafikon 5.** Dnevni rast prečnika hrasta kitnjaka u vegetacionom periodu.**Figure 5.** Daily growth of the diameter of the sessile oak in the growing season.

Kumulacijom vrednosti modeliranih dnevnih prirasta prečnika u jednom mesecu možemo proceniti i relativno učešće koje neki mesec ima u rastu prečnika u celom vegetacionom periodu. Na grafikonu 6 se jasno vidi da je jun najvažniji mesec i da se u njemu akumulira od 27 do 56 % rasta prečnika, prosečno 43%. Jun karakteriše najveća vrednost ali i najveća variaciona širina učešća prirasta prečnika u ovom mesecu u odnosu na ukupni prirast prečnika u toku jedne godine. Naša je pretpostavka da u junu rast prečnika dominantno zavisi od aktuelnih klimatskih parametara (količina padavina i temperaturnih ekstrema). Ako je previše suvo i toplo u junu pretpostavka je da će zemljište biti sa malim stepenom vlažnosti i rast će biti mali. Međutim, ne samo intezitet suše već i vremenski okvir (tajming) kada se ona javlja je veoma bitan za dinamiku i krajnji ishod rasta pojedinačnog drveća kao i celokupnu proizvodnost šumskog ekosistema u toj godini (Kowalska et al., 2020). Michelot et al., (2012) su u već navođenom istraživanju utvrdili da je sadržaj vlažnosti zemljišta konstantno opadao od polovine juna do polovine oktobra. U maju se akumulira od 26 do 37, prosečno 28% gde je variaciona širina mala što je verovatno uzrokovano manjim klimatskim ekstremima u ovom mesecu i zalihama vlage u zemljištu iz zimskih meseci. U julu se akumulira od 8 do 21, prosečno 17%, u aprilu od 4 do 17, prosečno 9%, a u avgustu od 0 do 8, prosečno 3%. Iako je procenjena mogućnost rasta i u septembru, rast učestvuje sa ispod 1% u odnosu na čitav vegetacioni period. Michelot et al. (2012) prikazuje znatno drugačiju dinamiku rasta gde se 30% goda formira već u aprilu, u maju 13% a do 10. juna se formira već 50%. I u našem slučaju, do 10. juna se u proseku formira oko 50% goda ali sa značajno različitim dinamikom u maju, a naročito aprilu.



Grafikon 6. Rast prečnika po mesecima u vegetacionom periodu.

Figure 6. Diameter growth by month in the growing season.

4. Zaključak

Poznavanje strukturnih, proizvodnih i razvojnih karakteristika šumskih sastojina je preduslov za održivo i racionalno gazdovanje šumama. Ove karakteristike nam objektivno definišu trenutno stanje sastojina, ali često su nam i jedine informacije koje su nam dostupne da rekonstruišemo i stanje u prošlosti i pomoću njih analiziramo dosadašnje gazdovanje. Takođe, nam predstavljaju i važne informacije pomoću kojih definišemo i ciljeve i mere budućeg gazdovanja. Ovo nam je posebno važno pri gazdovanju šumama kojima se neplanski gazdovalo u prošlosti, uslovno rečeno sastojinama koje su izbačene iz gazdinske ravnoteže, koje su osjetljive na delovanje različitih egzogenih faktora i kojima na neki način ne možemo redovno gazdovati već zahtevaju različite mere adaptivnog gazdovanja. Istraživana sastojina, ali na žalost i mnoge druge sastojine hrasta kitnjaka na Fruškoj gori upravo zahtevaju specifičan gazdinski pristup koji se ne može realizovati pri redovnom gazdovanju šumama.

Na osnovu rezultata ovog rada možemo zaključiti da je istraživana sastojina dominantno izdanačka, prestarela, devitalizovana (glavni edifikator sastojine hrast kitnjak), sa regresijom hrasta kitnjaka u odnosu na druge konkurentne vrste i jako usporenom dinamikom rasta čak i na godišnjem nivou. Ako nam je glavni cilj budućeg gazdovanja prevođenje ovakvih izdanačkih šuma u visoke sa promovisanjem hrasta kitnjaka kao i budućeg glavnog edifikatora, naše je mišljenje da to zahteva posebne i radikalne gazdinske mere koje se više ne mogu podvesti pod redovno gazdovanje. Ako nam je cilj da ovakve sastojine prepustimo spontanom razvoju, kako zagovaraju različite nevladine organizacije i pojedinci, a naročito se to promoviše u kontekstu da ove šume pripadaju Nacionalnom parku, šumarska struka mora biti svesna da nije ispunila svoju osnovnu obavezu da u dugoročnom gazdovanju ovim šumama makar očuva zatečeno stanje, ako već nije u mogućnosti da ga popravi. Na žalost, pretpostavka je da će za nekoliko decenija sa spontanom razvojem u ovakvim sastojinama, a na osnovu njihovog postojećeg stanja i dinamike rasta, biti značajno redukovan i potencijalno nestati hrast kitnjak kao jedna od najvrednijih i najadaptibilnijih vrsta koja se od prirode javlja na Fruškoj gori.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovani u okviru Programa praćenja uticaja prekograničnog aerozagadenja u šumskim ekosistemima na teritoriji AP Vojvodine u 2022. godini - koji je finansiralo Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije

Literatura

1. Arend, M., Kuster, T., Günthardt-Goerg, M.S., Dobbertin, M. (2011): Provenance-specific growth responses to drought and air warming in three European oak species (*Quercus robur*, *Q. petraea* and *Q. pubescens*). *Tree Physiology* 31: 287–297.
2. Babić, V. (2014): Uticaj ekoloških faktora i sastojinskih karakteristika na prirodnu obnovu šuma hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* agg. Ehr.) na Fruškoj gori. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.
3. Barbaroux, C., Bréda, N. (2002): Contrasting distribution and seasonal dynamics of carbohydrate reserves in stem wood of adult ring-porous sessile oak and diffuse-porous beech trees. *Tree physiology* 22(17): 1201-1210.
4. Bilek, L., Remes, J., Zahradnik, D. (2011): Managed vs. unmanaged. Structure of beech forest stands (*Fagus sylvatica* L.) after 50 years of development, Central Bohemia. *Forest Systems* 20(1): 122-138.
5. Bose, A.K., Scherrer, D., Camarero, J.J., Ziche, D., Babst, F., Bigler, C.,... Rigling, A. (2021): Climate sensitivity and drought seasonality determine post-drought growth recovery of *Quercus petraea* and *Quercus robur* in Europe. *Science of the Total Environment* 784: 147222.
6. Deslauriers, A., Morin, H., Urbinati, C., Carrer, M. (2003): Daily weather response of balsam fir (*Abies balsamea* (L.) Mill.) stem radius increment from dendrometer analysis in the boreal forests of Québec (Canada). *Trees* 17: 477-484.
7. Dorado-Liñán, I., Piovesan, G., Martínez-Sancho, E., Gea-Izquierdo, G., Zang, C., Cañellas, I., Castagneri, D., De Filippo, A., Gutierrez, E., Ewald, J., Fernandez-de-Una, L., Hornstein, D., Jantsch, C M., Levanič, T., Mellert H K., Vacchiano, G., Zlatanov, T., Menzel, A. (2019): Geographical adaptation prevails over species-specific determinism in trees' vulnerability to climate change at Mediterranean rear-edge forests. *Global Change Biology* 25: 1296–1314
8. Gheyret, G., Zhang, H. T., Guo, Y., Liu, T. Y., Bai, Y. H., Li, S., Schmid, B., Bruehlheide, H., Ma, K., Tang, Z. (2021): Radial growth response of trees to seasonal soil humidity in a subtropical forest. *Basic and Applied Ecology*, 55, 74-86.
9. Kowalska, N., Šigut, L., Stojanović, M., Fischer, M., Kyselová, I., Pavelka, M. (2020): Analysis of floodplain forest sensitivity to drought. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 375: 20190518.

10. Matović, B., Koprivica, M., Kisin, B., Stojanović, D., Knećinjić, I., Stjepanović, S. (2018): Comparison of stand structure in managed and virgin European beech forests in Serbia. *Šumarski list* 142 (1/2): 47-57.
11. Matović, B. (2019): Starosna struktura visokih monodominantnih bukovih šuma u Srbiji. *Šumarstvo* 71 (3-4): 105-116.
12. Michelot, A., Simard, S., Rathgeber, C., Dufrêne, E., Damesin, C. (2012): Comparing the intra-annual wood formation of three European species (*Fagus sylvatica*, *Quercus petraea* and *Pinus sylvestris*) as related to leaf phenology and non-structural carbohydrate dynamics. *Tree physiology* 32(8): 1033-1045.
13. Müllerová, J., Hédl, R., Szabó, P. (2015): Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. *Forest Ecology and Management* 343: 88-100.
14. Oberhuber, W., Gruber, A., Kofler, W., Swidrak, I. (2014): Radial stem growth in response to microclimate and soil moisture in a drought-prone mixed coniferous forest at an inner Alpine site. *European Journal of Forest Research* 133(3): 467-479.
15. Oberhuber, W. (2017). Soil water availability and evaporative demand affect seasonal growth dynamics and use of stored water in co-occurring saplings and mature conifers under drought. *Trees* 31(2): 467-478.
16. Rackham, O. (2008): Ancient woodlands: modern threats. *New Phytologist* 180: 571-586.
17. Rossi, S., Deslauriers, A., Morin, H. (2003): Application of the Gompertz equation for the study of xylem cell development. *Dendrochronologia* 21: 33-39.
18. Stajić, B., Zlatanov, T., Velichkov, I., Dubravac, T., Trajkov, P. (2009): Past and recent coppice forest management in some regions of South Eastern Europe. *Silva Balcanica* 10(1): 9-19.
19. Stajić, B., Vučković, M., Janjatović, Ž. (2014): Dendrohronološka istraživanja u veštački podignutoj sastojini hrasta kitnjaka na području Fruške gore. *Glasnik Šumarskog fakulteta* 109: 149-168.
20. Stajić, B., Vučković, M., Janjatović, Ž. (2015): Preliminary dendroclimatological analysis of Sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in Fruška Gora National Park, Serbia. *Baltic Forestry* 21(1): 83-95.
21. Stamenković, V., Vučković, M. (1988): Prirast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina, Udžbenik, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.
22. Stamenković, V., Vučković, M. (1990): Prirast šuma kao indikator slabljenja vitalnosti i pojave njihovog sušenja (umiranja). *Šumarstvo* 2-3: 53-60.
23. Sterba, H., Zingg, A. (2006): Abstandsabhängige und abstandsunabhängige Bestandesstruktur - beschreibung. *Allg Forst-Jagdztg* 177: 169-176.
24. Sterba, H. (2008): Diversity indices based on angle count sampling and their interrelationships when used in forest inventories. *Forestry* 81(5): 587-597.
25. Stojanović, M., Sánchez-Salguero, R., Levanič, T., Szatniewska, J., Pokorný, R., Linares, J.C., (2017a): Forecasting tree growth in coppiced and high forests in the Czech Republic. The legacy of management drives the coming *Quercus petraea* climate responses. *Forest Ecology and Management* 405: 56-68.
26. Stojanović, M., Szatniewska, J., Kyselová, I., Pokorný, R., Čater, M. (2017b): Transpiration and water potential of young *Quercus petraea* (M.) Liebl. coppice sprouts and seedlings during favourable and drought conditions. *Journal of Forest Science* 63: 313-323.
27. Suchomel, C., Pyttel, P., Becker, G., Rgen Bauhus, J. (2012): Biomass equations for sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in aged coppiced forests in southwest Germany. *Biomass and Bioenergy* 46: 722-730.
28. Špiranec, M. (1975): Drvno gromadne tablice, Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb.
29. van der Maaten, E., Pape, J., van der Maaten-Theunissen, M., Scharnweber, T., Smiljanic, M., Cruz-García, R., Wilmking, M. (2018): Distinct growth phenology but similar daily stem dynamics in three co-occurring broadleaved tree species. *Tree Physiology* 38: 1820-1828.

30. Vučković, M., Stajić, B., Radaković, N. (2005): Značaj monitoringa debljinskog prirasta sa aspekta bioindikacije vitalnosti stabala i sastojina. Šumarstvo 1/2: 1:10.
31. Zweifel, R., Haeni, M., Buchmann, N., Eugster, W. (2016): Are trees able to grow in periods of stem shrinkage? New Phytologist 211(3): 839-849.