UDK: 582.632.2:632(497.6 Republika Srpska)

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

UTICAJ SUŠNIH GODINA NA ŠIRINU GODOVA EVROPSKE BUKVE (*FAGUS SYLVATICA L.*) U ZAPADNOJ REPUBLICI SRPSKOJ

Stefan Stjepanović[1], Bratislav Matović[2,4], Dejan B. Stojanović[2,4], Tom Levanič[3], Saša Orlović[2,4], Lazar Kesić[2], Lazar Pavlović[4]

Izvod: Evropska bukva (*Fagus sylvatica* L.) je jedna od najvažnijih šumskih vrsta drveća u Bosni i Hercegovini kako sa ekonomskog tako i sa ekološkog aspekta. Trenutno stanje bukovih šuma u Republici Srpskoj je zadovoljavajuće, bukva nije značajnije ugrožena devitalizacijom i sušenjem. S obzirom da se prema različitim klimatskim scenarijima predviđa povećanje temperatura i smanjenje količine padavina, postoji verovatnoća da će doći do pojave sušenja bukovih šuma i smanjenja debljinskog prirasta. Iz tog razloga potrebno je sprovesti detaljna istraživanja koja će imati za cilj da istraže dinamiku debljinskog prirasta stabala bukve i uticaj ekstremno sušnih godina na širinu godova na području Republike Srpske. U radu su korišćene dendrohronološke metode za analizu prirasta bukovih stabala u tri sastojine koje se nalaze na donjoj granici, u optimumu i gornjoj granici vertikalnog rasprostranjenja ovih šuma u zapadnom delu Republike Srpske. U istraživanim sastojinama utvrđene su različite reakcije stabala na ekstremno sušne godine i različita dinamika debljinskog prirasta stabala bukve.

Ključne reči: bukva, dendrohronologija, godovi, klimatski ekstremi

[1] Master Stefan Stjepanović, viši asistent, (stefan.stjepanovicuis@gmail.com) Poljoprivredni fakultet, Univerzitet Istočno Sarajevo, Vuka Karadžića 30, Istočno Sarajevo, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina; [2] dr Bratislav Matović, naučni saradnik i docent, dr Dejan B. Stojanović, naučni saradnik i docent, dr Saša Orlović, naučni savetnik i redovni profesor, master Lazar Kesić, istraživač pripravnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad, Republika Srbija; [3] dr Tom Levanič, vanredni profesor i naučni savetnik, Slovenian forestry Institute, Večna Pot 2, Ljubljana, Slovenia; [4] master Lazar Pavlović, asistent, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Republika Srbija

[1] Stefan Stjepanović, MSc, senior assistant, (stefan.stjepanovicuis@gmail.com) Faculty of agriculture, University of Istočno Sarajevo, Vuka Karadžića 30, Istočno Sarajevo, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina; [2] dr Bratislav Matović, research associate and docent, dr Dejan B. Stojanović, research associate and docent, prof. dr Saša Orlović, principal research fellow and full professor, Lazar Kesić, MSc, junior researcher, University of Novi Sad, Institute of lowland forestry and environment, Novi Sad, Republic of Serbia; [3] dr Tom Levanič, associate professor and principal research fellow, Slovenian forestry Institute, Večna Pot 2, Ljubljana, Slovenia; [4] Lazar Pavlović, MSc, assistant, University of Novom Sadu, Faculty of agriculture, Novi Sad, Republic of Serbia

INFLUENCE OF DRY YEARS ON WIDTH OF TREE RINGS OF EUROPEAN BEECH (FAGUS SYLVATICA L.)IN THE WESTERN REPUBLIC OF SRPSKA

Abstract: *European beech (Fagus sylvatica L.) is one of the most important forest species in Bosnia and Herzegovina both economically and ecologically. Currently state of beech forests in the Republic of Srpska is satisfactory. European beech is not significantly affected by changing climate. However, taking into account different climate scenarios it is possible that increasing temperature and decreasing amount of precipitation will cause massive dieback of beech forests and reduction of diameter increment. For this reason it is necessary to conduct detailed dendrochronological research which will aim to explore the dynamics of the diameter increment of beech trees, response to climate and to prepare mitigation strategies that will be performed in the forests of the Republic of Srpska. In this study dendrochronological methods were used for analyzing the increment of beech forests in three stands which are at the lower limit, the optimum and the upper limit. Identified and analyzed were different reactions of beech trees in extremely dry years in three different forest stands.*

Keywords: *European beech, dendrochronology, tree rings, climatic extremes*

UVOD

Evropska bukva (*Fagus sylvatica*L.) je jedna od najvažnijih šumskih vrsta drveća u Bosni i Hercegovini kako sa ekonomskog tako i sa ekološkog aspekta (Ballian et al., 2012). Stefanović et al. (1983) navode da u Bosni i Hercegovini obična bukva pokazuje jako dobru horizontalnu i vertikalnu raslojenost, pa se javlja od najnižih šumskih pojasa, gde je u asocijaciji s hrastom lužnjakom i kitnjakom (*Fagetum submontanum*), potom raste u brdskom pojasu gde čini čiste sastojine (*Fagetum montanum*), te u najvažnijem planinskom pojasu gde u zajednici s običnom jelom ili sa jelom i smrčom čini najznačajniju šumsku zajednicu bukovo-jelovih šuma (*Abieti fagetum*). Bukove šume se nalaze i na većim nadmorskim visinama, gde grade završni pojas šumske vegetacije (*Fagetum subalpinum*) .

Da bi se objasnile reakcije bukve na klimatske elemente, kao i različit rast stabala u sastojinama, najčešće se istražuju odnosi između širine godova i klimatskih elemenata (temperature i padavina) na mesečnom nivou. Najčešće korišćene procedure za proučavanje odnosa između rasta drveća i klimatskih elemenata zasnovane su na korelaciji između širine godova i mesečnih klimatskih podataka (Fritts, 1976). Pretpostavlja se da debljinski prirast odražava fiziološke procese, a da su srednja mesečna temperatura i ukupna količina padavina u značajnoj vezi sa klimatskim elementima koji utiču na fiziologiju stabala (Lebourgeois, 2005).

Brubaker, (1986) konstatuje da odrasla stabla bukve imaju izraženu plastičnost, tj. da pri nepovoljnim klimatskim uslovima usporavaju rast kako bi preživela, sve dok se ponovo ne stvore povoljni uslovi za rast. Kod područja koja se nalaze na nižim nadmorskim visinama prisutno je povećanje defolijacije bukve usled napada gubara (*Lymantria dispar*) (Hlasny i Turčani, 2009), kao i potencijalnih šteta od bukvinog potkornjaka (*Taphrorychus bicolor*) (Lakatos i Molnar, 2009)

što može da smanji vitalnost stabala i da utiče na rast i prirast stabala. Godovi drveta su vredan bioindikator, koji može povezati više ekoloških faktora koji utiču na rast šuma (Schweingruber, 1996).

Trenutno stanje bukovih šuma u Republici Srpskoj je zadovoljavajuće, pošto bukva nije značajnije ugrožena devitalizacijom i sušenjem. S obzirom da se prema različitim klimatskim scenarijima predviđa povećanje temperature i smanjenje količine padavina, postoji verovatnoća da će doći do pojave devitalizacije i sušenja (Lakatos i Molnar, 2009; Stojanović, 2013; Stojanović et al., 2014). Takođe, prema različitim klimatskim scenarijima se povećava broj i trajanje sušnih perioda, pa se u budućnosti može očekivati pomeranje granica areala bukovih sastojina ka većim nadmorskim visinama (Von Wuehlisch, 2004).

Cilj ovog istraživanja je da se sagleda dugoročna dinamika širine godova na dominantnim stablima, u čistim bukovim sastojinama, na različitim nadmorskim visinama u Zapadnoj Republici Srpskoj i da se utvrdi kako su ekstremno sušne godine uticale na širinu godova u istraživanim sastojinama.

MATERIJAL I METODE

Istraživanja su sprovedena na 3 lokaliteta u zapadnom delu Republike Srpske. Uzorkovano je u čistim bukovim sastojinama 2015. godine na lokalitetima gde se bukva javlja od prirode na donjoj granici rasprostranjenja (Srbac, 252 mnv., N 45°05'23", E 17°37'55"), gde se bukva nalazi u optimumu (Mrkonjić Grad, 1030 mnv., N 44°23'53", E 17°03'46") i gde se nalazi na gornjoj granici rasprostranjenja (Istočni Drvar, 1569 mnv., N 44°26'21", E 16°30'03") (Slika 1.).

Slika 1. Prikaz tri istraživane sastojine
Figure 1. *Three studied stands*

Pri uzorkovanju se vodilo računa da stabla budu dominantna, da se nalaze na približno jednakim nadmorskim visinama i da imaju približno iste mikroklimatske uslove. Uzorak je obuhvatao 15 dominantnih stabala na svakom lokalitetu.

Izvrtci su nakon sušenja lepljeni na drvene letvice, brušeni i glačani kako bi godovi bili uočljiviji. Uzorci su prvo skenirani u visokoj rezoluciji pomoću ATRICS sistema (Levanič, 2007), a zatim je merena širina prstenova prirasta koristeći softver CooRecorder (Larsson, 2014). Nakon toga u programu C Dendro (Larsson, 2014) hronologije su pripremljene za izvoz u program PAST- 5™. Hronologije su ukrštene i sinhronizovane u PAST-5™ dendrohronološkom softveru, koristeći i vizuelna poređenja na ekranu i statističke parametre.

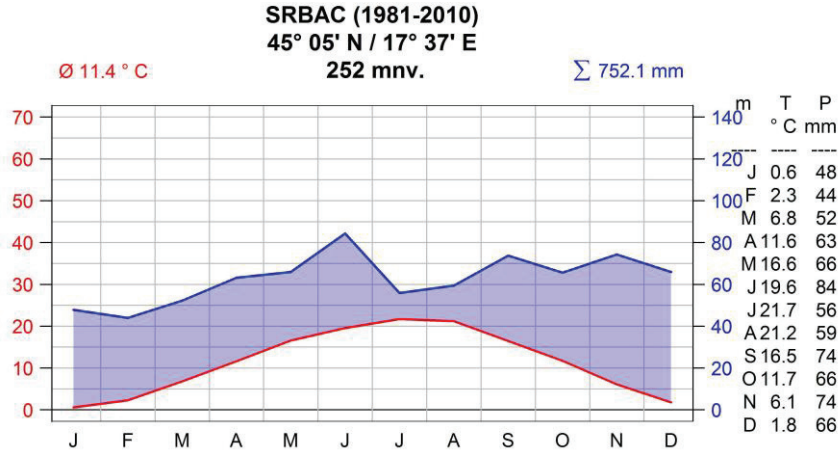
Koristeći klimatsku bazu e-OBS, u periodu od 1981. do 2015. godine, izabrane su godine sa najmanjom količinom padavina i najvišom temperaturom u vegetacionom periodu za istraživana područja, koje smo označili kao ekstremno sušne godine. S obzirom na različite nadmorske visine, granične vrednosti količine padavina i srednje temperature u vegetacionom periodu za izdvajanje ekstremno sušnih godina definisane su posebno po lokalitetima. Za lokalitet Srbac (padavine manje od 350 mm – prosek za posmatrani period 403 mm, prosečne temperature preko 18°C – prosek za posmatrani period 18°C). Za lokalitet Mrkonjić Grad (padavine manje od 425 mm – prosek za posmatrani period 475 mm, prosečne temperature preko 15°C – prosek za posmatrani period 15°C). Za lokalitet Istočni Drvar (padavine manje od 470 mm – prosek za posmatrani period 518 mm, prosečne temperature preko 13°C – prosek za posmatrani period 13°C).

REZULTATI I DISKUSIJA

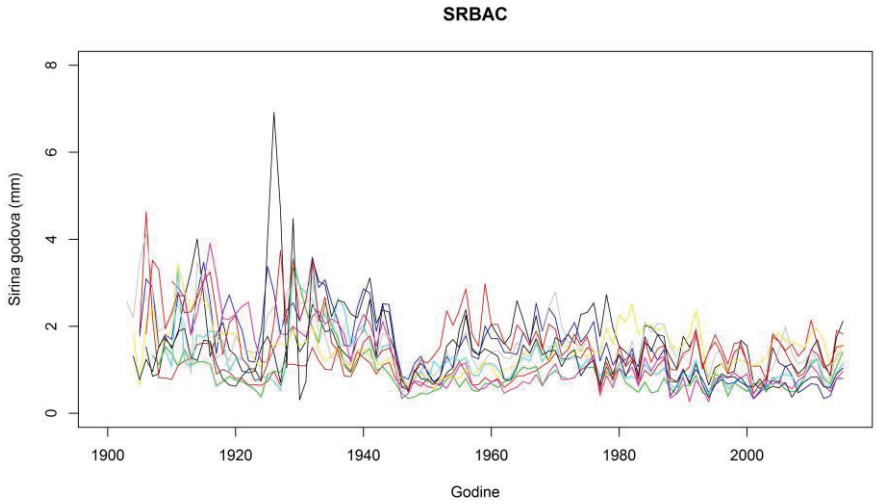
Prosečna količina padavina u klimatskoj normali od 1981. do 2010. godine za lokalitet Srbac, koji predstavlja donju granicu vertikalnog rasprostranjenja bukovih šuma, iznosila je 752 mm, a prosečna srednja godišnja temperatura 11,4^{o} C (Slika 2.).

Godine sa najvećom temperaturom i najmanjom količinom padavina u vegetacionom periodu (ekstremno sušne godine) za posmatrani lokalitet bile su 1983., 1988., 1992., 1993., 2000., 2003., 2007., 2009., 2011. i 2012.

Na slici 3. prikazane su hronologije stabala bukve na lokalitetu Srbac (period 1900.-2015. godina).



Slika 2. Klima dijagram po Walteru za lokalitet Srbac
Figure 2. *Climate diagramme after Walter for Srbac locality*

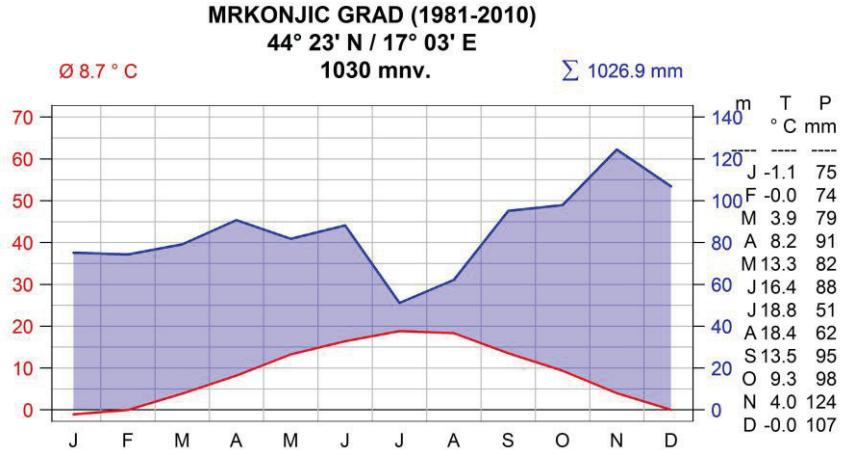


Slika 3. Hronologije stabala bukve na lokalitetu Srbac
Figure 3. *Raw tree-ring chronologies of European beech at locality Srbac*

Analizirajući hronologije stabala na slici 3. na lokalitetu Srbac, utvrđena je dobra saglasnosti hronologija pojedinačnih stabala i jasan uticaj ekstremno sušnih godina na širinu godova. Značajnije smanjenje širine godova dešava se u godini ekstremnih suša i u narednoj godini. Rozas et al., (2015) su konstatovali da je na rast bukovih šuma, na Pirinejskom poluostrvu pozitivno uticala velika količina padavina u proleće i leto, a negativno suše u vegetacionom periodu. Najugroženije

populacije bile su one koje su se nalazile na granicama areala. Na rubu donje granice rasprostranjenja rast je uslovljen sušom, a male širine prstenova prirasta su posledica povećanja temperature i smanjenja količine padavina (Jump et al., 2006).

Prosečna količina padavina u klimatskoj normali od 1981. do 2010. godine na lokalitetu Mrkonjić Grad koji predstavlja optimum rasprostranjenja bukovih šuma iznosila je 1027 mm, a prosečna srednja godišnja temperatura 8,7° C (Slika 4.).

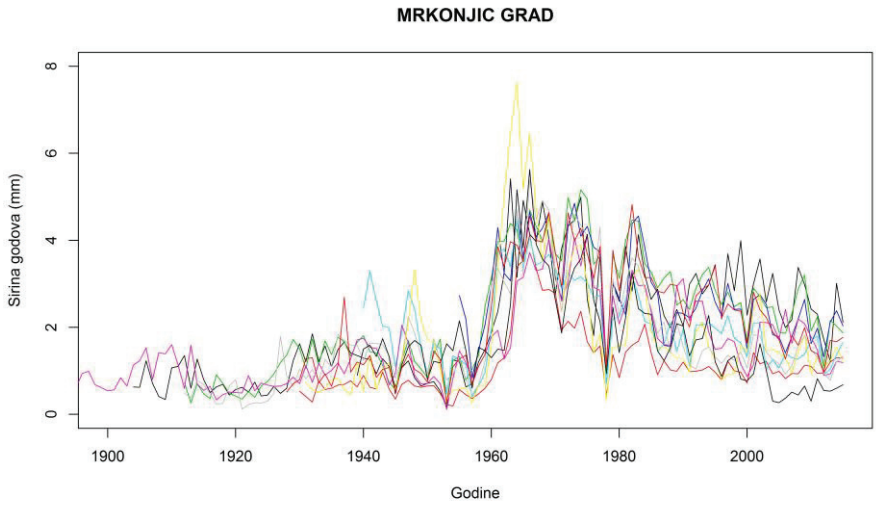


Slika 4. Klima dijagram po Walteru za lokalitet Mrkonjić Grad
Figure 4. *Climate diagramme after Walter for Mrkonjić Grad locality*

Godine sa najvećom temperaturom i najmanjom količinom padavina u vegetacionom periodu za posmatrani lokalitet bile su 1983., 1988., 1992., 1993., 2000., 2003., 2009., 2011. i 2012.

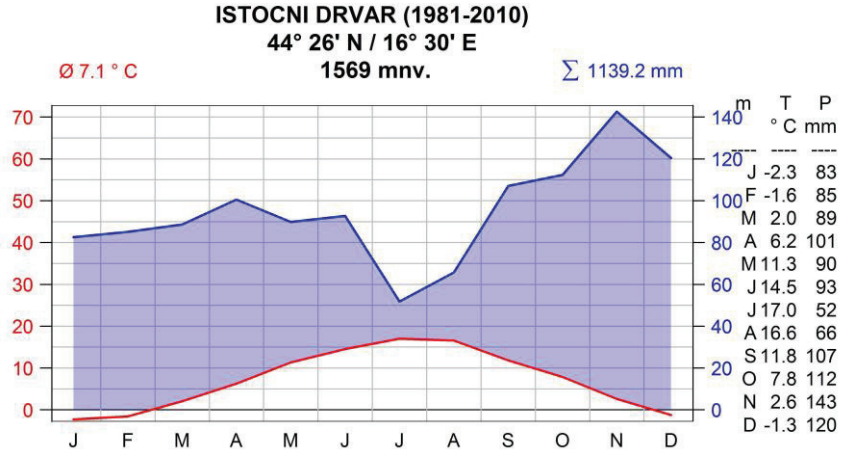
Na slici 5. prikazane su hronologije stabala bukve na lokalitetu Mrkonjić Grad (period 1900.-2015. godina).

Na lokalitetu Mrkonjić Grad utvrđena je slaba saglasnost hronologija pojedinačnih stabala i slaba reakcija ekstremno sušnih godina na širinu goda (Slika 5.). Izuzetak je 1976. godina kada kod svih stabala je konstatovano značajno smanjenje širine godova. Delimična saglasnost postoji i u 2000. i 2012. godini. Naša je pretpostavka da u bukovim šumama koje rastu u ekološkom optimumu i ekstremno sušne godine nemaju veliki negativan uticaj za rast bukve. Stjepanović et al. (2015) su u jednoj bukovoj sastojini u Zapadnoj Srbiji na lokalitetu Istočna Boranja, koja je rasla u ekološkom optimumu došli do sličnih rezultata. Hlasny et al., (2011) su procenili da će doći do pomeranja areala i proizvodnosti bukovih sastojina u Slovačkoj, i da će proizvodnost bukve biti optimalna na visinama od oko 1.200 m.n.v. do kraja veka, što znači da će bukva biti ključna vrsta za gazdovanje šumama u planinskim predelima.



Slika 5. Hronologije stabala bukve na lokalitetu Mrkonjić Grad
Figure 5. *Raw tree-ring chronologies of European beech trees at Mrkonjić Grad locality*

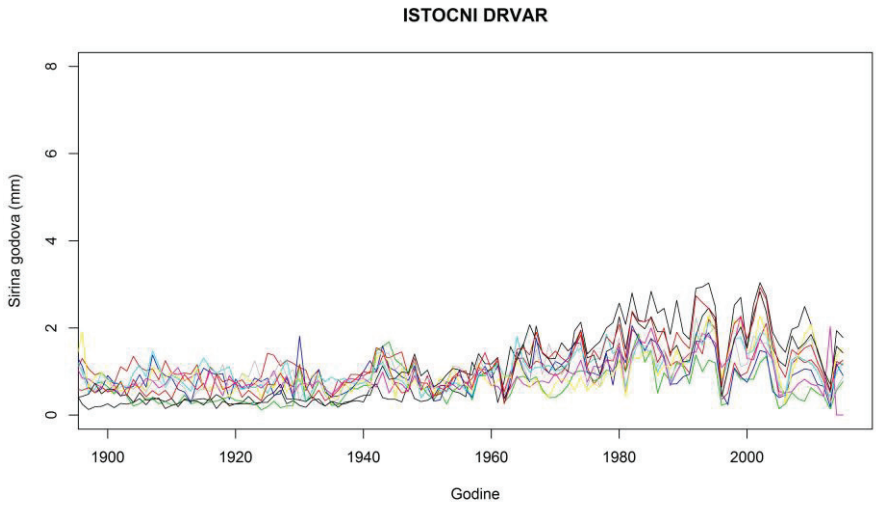
Prosečna godišnja količina padavina u klimatskoj normali od 1981. do 2010. godine na lokalitetu Istočni Drvar koji predstavlja gornju granicu vertikalnog rasprostranjenja bukovih šuma iznosila je 1139 mm, a prosečna srednja godišnja temperatura 7,1° C (Slika 6.).



Slika 6. Klima dijagram po Walteru za lokalitet Istočni Drvar
Figure 6. *Climate diagramme after Walter for Istočni Drvar locality*

Godine sa najvećom temperaturom i najmanjom količinom padavina u vegetacionom periodu za posmatrani lokalitet bile su 1983., 1992., 1993.,1994., 2000., 2003., 2008., 2009., 2011. i 2012.

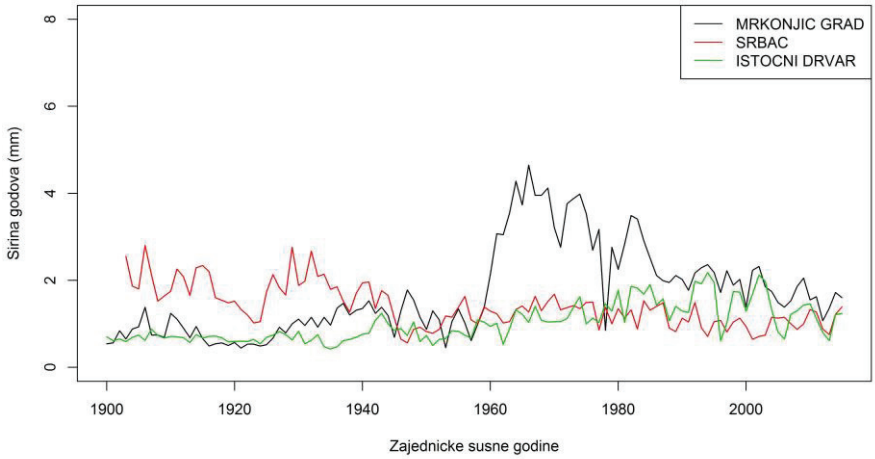
Na slici 7. prikazane su hronologije stabala bukve na lokalitetu Istočni Drvar (period 1900.-2015. godina).



Slika 7. Hronologije stabala bukve na lokalitetu Istočni Drvar
Figure 7. *Raw tree-ring chronologies of European beech trees at Istočni Drvar locality*

Na lokalitetu Istočni Drvar utvrđeno je da u poslednjih šezdesetak godina postoji solidna saglasnosti hronologija pojedinačnih stabala i određen uticaj ekstremno sušnih godina na širinu godova (Slika 7.). Međutim, najveće smanjenje širine godova nije se desilo u sušnim godinama već u periodu posle ekstremno sušnih višegodišnjih perioda i pojedinačnih godina (1996., 2005., 2013. godina). Stojanović et al. (2018) su utvrdili da na prirast različitih vrsta (uključujući bukvu) statistički značajno utiče standardizovani indeks padavina (Standardize Precipitation Index – SPI) 12 za letnje mesece, što sugeriše da padavine i iz prethodnog vegetacionog perioda imaju veliki uticaj na prirast i vitalnost stabala. Rezultati za lužnjak i cer ukazuju na činjenicu da uticaj padavina na prirast može sezati čak i 36 meseci u nazad.

Na slici 8. prikazana je prosečna dinamika širine godova stabala bukve na sva tri posmatrana lokaliteta u Zapadnoj Republici Srpskoj (period 1900-2015. godina).



Slika 8. Dinamika rasta sastojina bukve u Zapadnoj Republici Srpskoj
Figure 8. *Growth dynamics of European beech stands from Western Republika Srpska*

Pri poređenju ova tri lokaliteta uočavamo različitu dinamiku rasta stabala bukve u debljinu. U sastojini na lokalitetu Srbac u posmatranom periodu se vidi kontinuirano blago smanjenje širine godova dok u sastojini na lokalitetu Istočni Drvar se vidi kontinuirano blago povećanje širine godova. Naša pretpostavka je da je to u najvećoj meri rezultat uticaja različite starosne i dimenzione strukture stabala u ove dve sastojine, gazdinskih mera i različitog uticaja promene klimatskih elemenata na donjoj i gornjoj granici vertikalnog rasprostranjenja bukve. Za pouzdanije zaključke potrebno je ova istraživanja proširiti na znatno veći broj lokaliteta. U sastojini na lokalitetu Mrkonjić Grad dinamika rasta stabala bukve u debljinu se značajno razlikuje pre i posle 1960. godine. Pretretpostavka je da je krajem pedesetih godina dvadesetog veka izvršena seča većeg intenziteta, pa su preostala stabla imala snažno povećanje debljinskog prirasta i veliku širinu godova u periodu od 1960. do 1980. godine kao rezultat povećanja prostora za rast i visokog proizvodnog potencijala staništa. U ovom periodu sastojina nije bila izuzeta iz redovnog gazdinskog tretmana. Međutim, u poslednjih 30 godina nisu sprovođene nikakve gazdinske mere, zbog izdvajanje tog lokaliteta u rezervat, pa dolazi do smanjenja širine godova.

ZAKLJUČCI

Osnovni zaključci ovog istraživanja u bukovim šumama na području Zapadne Republike Srpske su:

1. u sastojini bukve koja je rasla na donjoj granici vertikalnog rasprostranjenja (Srbac) zabeleženo je smanjenje širine godova u godinama ekstremnih suša;
2. u sastojini bukve koja je rasla u ekološkom optimum (Mrkonjić Grad) nije uočena pojava smanjenja širine godova u sušnim godinama;
3. u sastojini bukve koja je rasla na gornjoj granici vertikalnog rasprostrajenja (Istočni Drvar) utvrđeno je da su značajnija smanjenje širine godova pratila pojavu sušnih višegodišnjih perioda i pojedinačnih godina.

LITERATURA

Ballian, D., Bogunić, F., Mujezinović, O., Kajba, D. (2012): Genetska diferencijacija obične bukve (Fagus sylvatica L.) u Bosni i Hercegovini. *Šumarski list*, *136* (11-12), 587-595.

Brubaker,L.B. (1986):Responses of tree populations to climatic change. Vegetation 67:119–130.

Cook, R.E., Krusic, J.P. (2005): Program ARSTAN - A Tree-Ring Standardization Program Based on Detrending and Autoregressive Time Series Modeling, with Interactive Graphics, Tree-Ring Laboratory Lamont Doherty Earth Observatory of Columbia University Palisades, NY

Fritts, H.C. (1976): Tree-ring and climate, Academic, London

Hlásny, T., Barcza, Z., Fabrika, M., Balázs, B., Churkina, G., Pajtík, J., Sedmák, R., Turčáni, M. (2011): Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. Climate Research 47: 219–236.

Hlasny, T., Turcani, M. (2009): Insect pests as climate change driven disturbances in forest ecosystems. In Strelcova K., Matyas C., Kleidon A., Lapin M., Matejka F., Blazenec M., Skvarenina J. & Holecy J. (eds): Bioclimatology and Natural Hazards. Springer, Berlin: pp. 165-178.

Jump, A. S., Hunt, J. M., Penuelas, J. (2006): Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of Fagus sylvatica. Global Change Biology 12(11): 2163-2174.

Lakatos, F., Molnar, M., (2009): Mass mortality of beech (Fagus sylvatica L.) in Suuth- West Hungary. Acta Silv. Lign. Hung. 5: 75-82.

Larsson, L. (2014): CooRecorder and Cdendro programs of the CooRecorder/Cdendro package version 7.7.

Lebourgeois, F., Bréda, N., Ulrich, E., Granier, A. (2005): Climate-tree-growth relationships of European beech (Fagus sylvatica L.) in the French Permanent Plot Network (RENECOFOR). Trees 19(4): 385-401.

Levanic, T., (2007): ATRICS – A new system for image acquisition in dendrochronology. Tree-Ring Research 63(2):117-122.

Rozas, V., Camarero, J.J., Sangüesa-Barreda, G., Souto, M., García-González, I. (2015): Summer drought and ENSO-related cloudiness distinctly drive

Fagus sylvatica growth near the species rear-edge in northern Spain. Agricultural and Forest Meteorology 201: 153-164.

Schweingruber, F.H. (1996): Tree Rings and Environment, Dendroecology. PaulHaupt AG, Bern, Switzerland.

Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., Vukorep, I. (1983): Ekološko vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine, Šumarski fakultet u Sarajevu, Posebna izdanja br. 17, Sarajevo

Stjepanovic, S., Stojanović, D., Matović, B. (2015): Response of Trees on Climate Extremes in Uneven-Aged European Beech Stand. International Journal of Crop Science and Technology, 1(2): 42-46.

Stojanović, D. B., Kržič, A., Matović, B., Orlović, S., Duputie, A., Djurdjević, V., Galić Z., Stojnić, S. (2013): Prediction of the European beech (Fagus sylvatica L) xeric limit using a regional climate model: An example from southeast Europe. Agricultural and Forest Meteorology, 176: 94-103.

Stojanović, D. (2014): Uticaj klimatskih promena na vezivanje ugljenika, rast i biodiverzitet bukovih šuma u Srbiji. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju. Novi Sad. Doktorska disertacija.

Stojanović, B.D., Levanic, T., Matovic, B., Stjepanovic, S., Orlovic, S. (2018): Growth response of different tree species (oaks, beech and pine) from SE Europe to precipitation over time. Dendrobiology (u štampi)

Von Wuehlisch, G. (2004): Series of International Provenance Trials of European Beech. Proceedings from the 7th International Beech Symposium IUFRO Research Group 1.10.00 "Improvement and Silviculture of Beech". 10-20 May 2004, Tehran, Iran. p. 135-144.

Summary

INFLUENCE OF DRY YEARS ON WIDTH OF TREE RINGS OF EUROPEAN BEECH (FAGUS SYLVATICA L.)IN THE WESTERN REPUBLIC OF SRPSKA

by

Stefan Stjepanović, Bratislav Matović, Dejan B. Stojanović, Tom Levanič, Saša Orlović, Lazar Kesić, Lazar Pavlović

European beech (Fagus sylvatica L.) is one of the most important forest species in Bosnia and Herzegovina both economically and ecologically. The current state of beech forests in the Republic of Srpska is satisfactory. European beech is not significantly affected by devitalization. According to different climate scenarios it is predicted that temperature will increase and that precipitation will decrease, which grows chances for massive dieback of beech forests and reduction of diameter increment. For this reason it is necessary to conduct detailed dendrochronological research which will aim to explore the dynamics of the diameter increment of beech trees in the territory of the Republic of Srpska. In this study dendrochronological methods were used for analyzing the increment of beech trees in three stands which are on the lower limit, in the optimum and on the upper limit. Determined were different responses of trees on extremely dry years in studied stands. Beech stand at lower limit (Srbac locality) express growth decline in the years of extreme droughts, while this was not a case for beech stand in optimum (Mrkonjić Grad). Beech at upper limit (Istočni Drvar) has growth declines which occurred in the year after droughts.