

UDK: 582.632.2(497.11)

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

UPOTREBA INDEKSA SUŠE ZA EVALUACIJU UTICAJA PROMENE KLIME NA BUKOVE ŠUME U SRBIJI

Stojanović Dejan¹, Matović Bratislav¹, Orlović Saša¹, Kržič Aleksandra², Đurđević
Vladimir³, Galić Zoran¹, Vuković Ana⁴, Vujadinović Mirjam⁴

Izvod: Budućnost bukve kao najrasprostranjenije i najznačajnije drvenaste vrste je pitanje od izuzetnog značaja za šumarsku nauku u Srbiji. Projekcije Međuvladinog panela za promenu klime govore da se na ovim prostorima prosečna godišnja temperatura po A2 scenariju može povećati za čak 3,8 °C u 21. veku. Cilj ovog rada je bio da kvantifikuje promene aridnosti u Srbiji u proteklih 50 godina upotrebom indeksa suše. Dobijeni rezultati su pokazali da je period 1981-2010 bio sušniji u odnosu na period 1961-1990. U svrhu predviđanja uticaja predstojećih klimatskih promena na šume bukve u Srbiji predloženo je korišćenje klimatskih prognoza združenih sa indeksom suše.

Ključne reči: Bukva, klimatske promene, Srbija

THE USE OF FOREST ARIDITY INDEX FOR THE EVALUATION OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON BEECH FORESTS IN SERBIA

Abstract: *The future of beech as the most widespread and most important tree species is an issue of great importance for the forestry in Serbia. The projections of the Intergovernmental Panel on Climate Change show that in this region the average annual temperature for the A2 scenario could increase by as much as 3.8 degrees Celsius in the 21st century. The objective of this paper was to quantify changes in aridity in Serbia over the past 50 years by the aims of forest aridity index (FAI). Obtained results showed that the period 1981-2010 was drier in comparison with the period 1961-1990. In order to forecast the future impact of climate change on the beech forests in Serbia it was suggested using of climate projections together with forest aridity index.*

Key words: *Beech, climate changes, Serbia*

¹ Dejan Stojanović, istraživač saradnik, mr Bratislav Matović, istraživač saradnik, prof. dr Saša Orlović, naučni savetnik, dr Zoran Galić, viši naučni saradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Univerzitet u Novom Sadu;

² Aleksandra Kržič, Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Beograd

³ Dr Vladimir Đurđević, docent, Institut za meteorologiju, Fakultet za fiziku, Univerzitet u Beogradu;

⁴ mr Ana Vuković, asistent, mr Mirjam Vujadinović, Asistent, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.

1. UVOD

U Srbiji bukva (*Fagus sylvatica* L.) je danas najrasprostranjenija i najznačajnija drvenasta vrsta (Stojanović et al., 2005). Po podacima iz Nacionalne inventure šuma, čiste bukove šume pokrivaju 29,3% teritorije Srbije koja je pod šumom ili 660 400 ha (Banković et al., 2009). Bukove šume u Srbiji obuhvataju širok pojas nadmorskih visina od 100 do 300 m u zoni hrastova, do 1600m u zoni subalpske bukve u visoko-planinskim regionima. Ekonomski najznačajnije su monodominantne bukove šume u zoni od 800 do 1200 metara (Tomić, 1992). Bukva se u Srbiji javlja u većem broju šumskih zajednica pritom gradeći monodominantne, dvodominantne, trodominantne i polidominantne šumske zajednice. Šume bukve nalazimo na različitim geološkim podlogama i na različitim razvojnim stadijumima zemljišta.

Projekcije urađene na osnovu scenarija promene koncentracije gasova staklene bašte, usvojene od strane Međuvladinog panela o klimatskim promenama (IPCC, 2007) govore da će na ovim prostorima u 21. veku doći do značajnih promena klime. Prognozira se da će prosečna godišnja temperatura po A2 scenariju porasti za čak 3,8 °C, da će leta biti duža i toplija sa većim temperaturnim ekstremima, kao i da će biti nešto manje padavina (Božanić i Gasperič, 2010). Srbija je potpisnica Okvirne konvencije Ujedinjenih nacija o promeni klime (UNFCCC, 1992) i Kjoto protokola, (1997), što je znak jasnog opredeljenja jedne države da se suoči sa izazovima koje klimatske promene sa sobom nose. Napor u tom smeru je i sprovedeno istraživanje.

Cilj ovog istraživanja je bio da prikaže promenu klimatskih uslova u Srbiji u proteklih 50 godina na osnovu indeksa suše koji se pokazao kao dobar prediktor distribucije bukve u odnosu na stepen aridnosti u Mađarskoj (Führer et al., 2011).

2. METODE

Za kvantifikaciju promene stepena aridnosti u Srbiji proteklih 50 godina upotrebljen je indeks suše *Forest aridity index* (Führer et al., 2011), koji povezuje temperaturu, padavine i distribuciju šuma pomoću formule (1):

$$FAI = 100 * T_{VII-VIII} / (P_{V-VII} + P_{VII-VIII}) \quad (1)$$

gde $T_{VII-VIII}$ predstavlja srednje mesečne temperature za jul i avgust, a $P_{V-VII} + P_{VII-VIII}$ zbir suma padavina za dva perioda maj, jun, jul i jul i avgust.

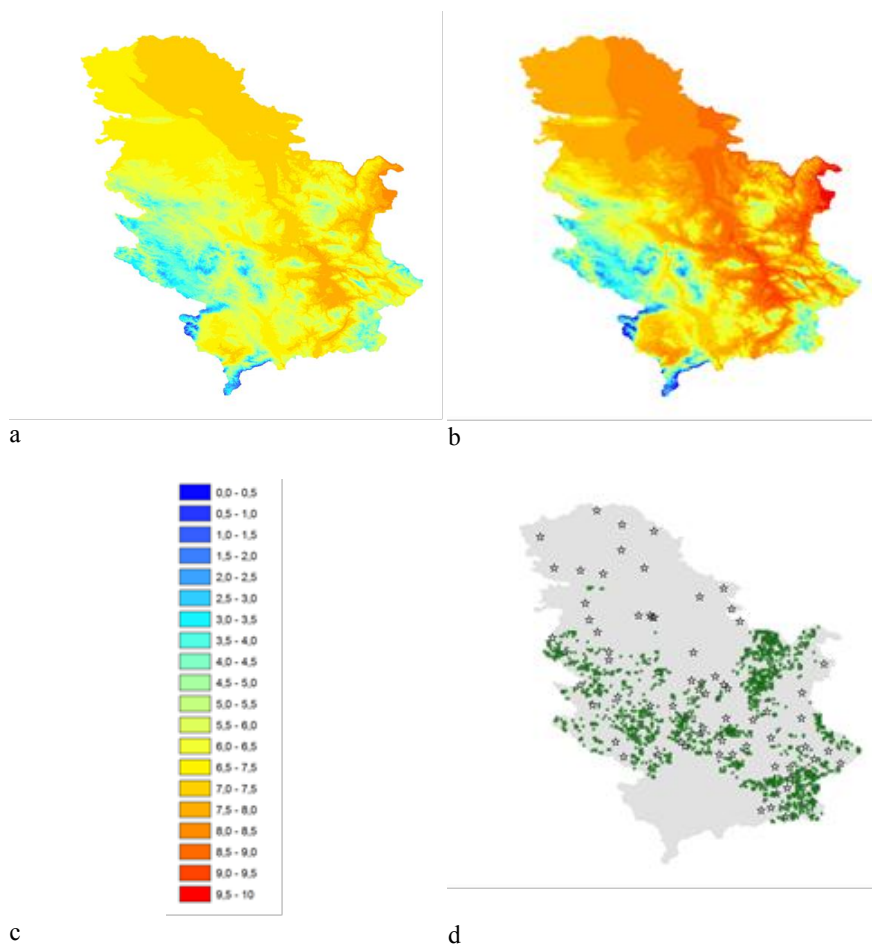
Klimatski podaci su dobijeni od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije i predstavljaju osmatranja u periodu 1961-2010 na 74 meteorološke stanice. Za dva klimatska perioda 1961-1990 i 1981-2010, izračunati su indeksi suše za svaku meteorološku stanicu i nakon toga je izvršena interpolacija metodom kriginga. Dobijene mape su preklapljene sa podacima distribucije bukve iz Nacionalne inventure šuma (Banković et al., 2009) pomoću ArcGIS 9.3.1 paketa. Izračunata je i grafički predstavljena distribucija bukve u različitim kategorijama aridnosti na osnovu indeksa suše.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Dobijeni podaci za klimatske periode 1961-1990 i 1981-2010 su izdijeljeni u kategorije od 0,5 podeoka i predstavljeni mapama (Mapa 1.).

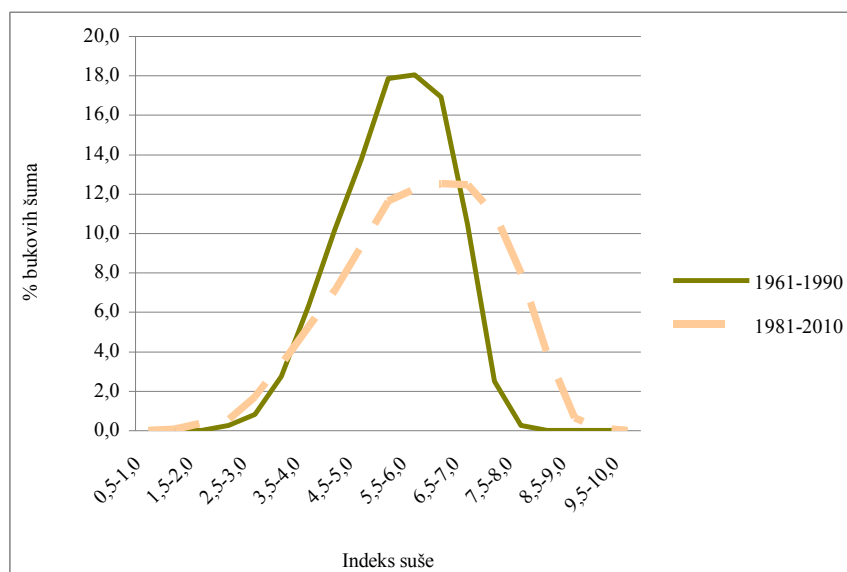
Mapa 1. Distribucija kategorija aridnosti, bukovih šuma i rasporeda meteoroloških stanica u Srbiji (a – period 1961-1999; b – period 1981-2010; c – legenda za indeks suše; d – distribucija bukovih šuma (zelene tačke) i rasporeda meteoroloških stanica (zvezdice))

Map 1 Distribution of forest aridity index categories and distribution of beech forests and meteorological stations in Serbia (a - period 1961-1999, b - period 1981-2010, c - legend for forest aridity index, d - distribution of beech forest (green dots) and distribution of meteorological stations (stars))



Na prikazanim mapama jasno se uočava porast inteziteta suše (veće vrednosti indeksa) na gotovo celoj teritoriji Srbije u periodu 1981-2010. Preklapanjem tri prikazane mape dobijena je distribucija bukovih šuma po različitim zonama indeksa suše (Grafikon 1.) za periode 1961-1990 i 1981-2010.

Grafikon 1. Grafički prikaz relativnog udela današnjih bukovih šuma (%) u različitim kategorijama indeksa suše za klimatske periode 1961-1990 i 1981-2010.
Graph 1 Graphical representation of the relative present share of beech forests (%) in different categories of forest aridity index for climate periods 1961-1990 and 1981-2010.



Iako su Führer et al., (2011) odredili referentne granice (bukva <4.75; grab-lužnjak 4.75 – 6.00; kitnjak i cer 6.00 – 7.25; šumo-stepa > 7.25), sa Grafikona 1. se jasno uočava da je granica bukve u periodu 1961-1990 na osmom podeoku, dok se za period 1981-2010 ta granica povećala i nalazi u blizini devetog podeoka (detaljnije u Tabeli 1.). Razlika referentnih vrednosti za Mađarsku i naših rezultata se može objasniti činjenicom da se bukva u Srbiji nalazi južnije nego Mađarskoj i da se adaptirala na topliju klimu. Argument u prilog postojanja bukve u klimi predodređenoj za hrast (po Führer et al., 2011) iznosi Foteli et al., (2009), koji navode podatak da su populacije bukve u južnom delu areala (Grčka) pokazale veći ekofiziološki kapacitet za adaptaciju na sušu. Iako je porast aridnosti u ovom regionu očigledna, značajniji mortalitet u bukovim šumama u Srbiji do sad nije zabeležen. Nasuprot tome, u Mađarskoj Lakatos i Molnár, (2009) beleže masovni mortalitet u bukovim šumama u sušnom periodu 2000-2004. Takođe, Raftoyannis i Radoglou, (2002) su uočili negativne promene u bujnosti bukve

za razliku od hrasta kitnjaka u prirodnim mešovitim sastojinama tokom sušnih leta u Grčkoj, što sugeriše potencijalni način sukcesije bukovih šuma u budućnosti. Predstavljeni rezultati ne prikazuju drastičnu promenu u klimatskim uslovima u odnosu na sadašnju rasprostranjenost bukve u Srbiji, ali ukazuju na trend koji u perspektivi može imati značajniji uticaj na posmatrane šume. Kako će se promene klime odraziti na različite delove areala bukve u Srbiji, može se kvantifikovati i pomoću indeksa suše i klimatskih projekcija, što se nameće kao zadatak budućim studijama.

Tabela 1. Relativni udeo današnjih bukovih šuma (%) u različitim zonama indeksa suše za klimatske periode 1961-1990 i 1981-2010

Table 1 The relative share of current beech forests (%) in different categories of forest aridity index for climate periods 1961-1990 and 1981-2010

Indeks suše	Udeo bukve (%) u periodu 1961-1990	Udeo bukve (%) u periodu 1981-2010
0,5-1,0	0.0	0.0
1,0-1,5	0.0	0.1
1,5-2,0	0.0	0.4
2,0-2,5	0.2	0.5
2,5-3,0	0.8	1.7
3,0-3,5	2.7	3.4
3,5-4,0	6.3	5.2
4,0-4,5	10.2	7.1
4,5-5,0	13.7	9.3
5,0-5,5	17.8	11.6
5,5-6,0	18.0	12.2
6,0-6,5	16.9	12.5
6,5-7,0	10.5	12.5
7,0-7,5	2.5	11.0
7,5-8,0	0.2	7.9
8,0-8,5	0.0	3.9
8,5-9,0	0.0	0.6
9,0-9,5	0.0	0.1
9,5-10,0	0.0	0.0

4. ZAKLJUČAK

Trend porasta aridnosti u ovom regionu usled klimatskih promena nameće pitanja kako predvideti intezitet tih promena i kako se prilagoditi. U cilju

predviđanja promena u bukovim šumama u Srbiji biće neophodno sagledati pitanje iz različitih uglova. Raspoložive metode su simulacije odgovora bukovih šuma pomoću procesnih ili modela zasnovanih na ekološkim nišama, a podržanih podacima iz klimatskih modela. Za buduću adaptaciju, biće neophodno pažljivo razmotriti različite strategije adaptivnog gazdovanja.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

5. LITERATURA

- Božanić D., Gasperić M. (editori) (2010): Initial National communication of the Republic of Serbia under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Belgrade, 2010. www.unfccc.int/resource/docs/natc/srbnc1.pdf
- Führer E., Horváth L., Jagodics A., Machon A., Szabados I. (2011): Application of new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás* 115 (3), 205-216.
- Fotelli M.N., Nahm M., Radoglou K., Rennenberg H., Halyvopoulos G., Matzarakis A. (2009): Seasonal and interannual ecophysiological responses of beech (*Fagus sylvatica*) at its south-eastern distribution limit in Europe. *Forest Ecol. Manag.* 257, 1157-1164.
- Stojanović, Lj. (editor) (2005): Bukva u Srbiji. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Šumarski fakultet, Beograd.
- Tomić, Z. (1992): Šumske fitocenoze Srbije. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change. 2007. http://ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1
- Banković S., Medarević M., Pantić D., Petrović N. (2009): Nacionalna inventura šuma Republike Srbije - Šumski fond Republike Srbije. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Uprava za šume, Beograd.
- The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Rio de Janeiro, 1992. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto, 1997.
- Lakatos F., Molnar, M. (2009): Mass mortality of beech on Southwest Hungary. *Acta Silv. Lign. Hung.* 5, 75-82.
- Raftoyannis Y., Radoglou K., 2002. Physiological responses of beech and sessile oak in a natural mixed stand during dry summer. *Ann. Bot.* 89, 723-730.

Summary

THE USE OF FOREST ARIDITY INDEX FOR THE EVALUATION OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON BEECH FORESTS IN SERBIA

by

Stojanović Dejan, Matović Bratislav, Orlović Saša, Kržič Aleksandra, Đurđević Vladimir, Galić Zoran, Vuković Ana, Vujadinović Mirjam

European beech in Serbia is the current most common and most important tree species. According to data from the National Forest Inventory, beech forests cover 29.3% of forested land in Serbia. The projections of the Intergovernmental Panel on Climate Change show that in this region the average annual temperature could increase by as much as 3.8 degrees Celsius for the A2 scenario in the 21st century. Same projections suggest that climate extremes will be more frequent with larger amplitude.

The goal of this research was to quantify changes in aridity in Serbia over the past 50 years. Forest aridity index (FAI) was used for this purpose. Acquired results showed that the period 1981-2010 was considerably drier in comparison with the period 1961-1990.

Trend of aridity increase in the region due to climate change raise questions about how more arid conditions will influence European beech forests and how to adapt. In that purpose it was suggested usage of models based on growth processes and models which are based on ecological niches.