

ФЛУКТУАЦИЈЕ ЕКСТРЕМНИХ ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА У АВГУСТУ У ШУМАМА СЛАДУНА И ЦЕРА НА ПОДРУЧЈУ ШГ „КРАГУЈЕВАЦ” КРАГУЈЕВАЦ

ЗОРАН ГАЛИЋ¹

МИЉАН САМАРЏИЋ¹

САЊА СИМИЋ²

АЛБИНА ТАРЈАН ТОБОЛКА³

Извод: У Србији је климазонална шума представљена свезом *Quercetum frainetto-cerridis* Rudski 1949, а у раду је извршена анализа података о флукутацији температура у августу током периода од 10 година (од 2010. до 2019. године), у састојини сладуна и цера, на подручју ШГ „Крагујевац” Крагујевац. У истраживаном периоду утврђено је повећање максималних и минималних температура ваздуха, а праћено је и повећање коефицијента варијације. У анализираном периоду (2010-2019. године) утврђено је повећање максималних месечних температура у августу (месечни просек од 23,7 до 31,1°C), са стандардном грешком девијације од 2,9 до 5,9°C. Коефицијент варијације имао је у истраживаном периоду тренд повећања (од 10,75 до 19,67%), без изражене линеарне статистичке значајности. Исто тако, забележено је и смањење стандардне девијације истраживаних параметра, а наведени феномен могао би објаснити и појаву значајних одступања FAI индекса. Према FAI индексу, станишни услови су били врло хетерогени, с тим да је најчешће забележено да је климазонална заједница била доминантно у шумостепи, а најмање у репрезентативном станишним условима. Осим наведеног, утврђено је да је су у 2014. години, према овом индексу, забележени и услови дефинисани за букове шуме. У практичном смислу, у истраживаном периоду је дошло до смањења разлика између средњих вредности максималних и минималних температура, што је потребно узети у обзир приликом наредних истраживања и узати на могуће аномалије које се могу десити у будућности.

Кључне речи: *Quercus frainetto*, *Quercus cerris*, екстремни догађаји

EXTREME TEMPERATURE FLUCTUATIONS IN AUGUST
IN *Quercetum frainetto cerridis* RUDSKI 1949 FORESTS
IN THE AREA OF FE ‘KRAGUJEVAC’ KRAGUJEVAC

Abstract: *Quercetum frainetto-cerridis* Rudski 1949 is a typical climate zonal forest association in Serbia. The paper shows data on August temperature fluctuations in the past 10 years (2010-2019) in a Turkey oak and Hungarian oak stand in the area of the FE “Kragujevac”

¹ др Зоран Галић, научни савешњик; др Миљан Самарџић, Универзитет у Новом Сагу, Институт за низијско шумарство и животињу средину, Нови Сад

² Сања Симић, мастер студијент, Универзитет у Источном Сарајеву, Пољопривредни факултет – студијски програм Шумарство

³ Албина Тарјан Тоболка, мастер инжењер, ЈП за ајздовање шумама „Војводинашуме” Нови Сад

in Kragujevac. This period was marked by increasing maximum and minimum air temperatures followed by the increase in the coefficient of variation. In this period (2010-2019), an increase (mean average ranging from 23.7 to 31.1°C) was determined for the maximum monthly temperatures in August, with a standard deviation error of 2.9 to 5.9°C. The coefficient of variation had an increasing trend in the investigated period (from 10.75 to 19.67%), without a pronounced linear statistical significance. Also, a decrease in the standard deviation of the investigated parameters was noted, and this could explain the significant deviations of the FAI index. According to the FAI index, site conditions are very heterogeneous, although it was observed that the climate zonal community was predominantly in the forest-steppe, and most rarely in representative site conditions. Furthermore, it was determined that 2014 recorded the conditions defined for beech forests by this index. In practical terms, in the researched period there was a decrease in the differences between the mean values of maximum and minimum temperatures, which should be considered in future research and point out possible anomalies that may occur in the future.

Keywords: *Quercus frainetto*, *Quercus cerris*, extreme events

1. УВОД

Проучавање промена станишних услова једно је од најважнијих питања у данашњој шумарској науци (Anđelković, A. *et al.*, 2018; Živanović, S. *et al.*, 2018;). Посебна пажња у шумарству посвећује се климазоналној вегетацији, а у Србији је веома значајна свеза сладуна и цера *Quercetum frainetto-cerridis* (Јовић, Н. *et al.* 1991; Томић, З. 1992; Томић, З., Ракоњац, Љ., 2011) у одређеним климатским условима (Бунушевац, Т. 1951; Бабић, В. 2015; Стајић, С. *et al.*, 2019). Овај вегетацијски тип карактеристичан је за сувљи климат Балканског полуострва, у којима се, као доминантне врсте, јављају сладун (*Quercus frainetto*) и цер (*Quercus cerris*) на типу земљишта које је окарактерисано као гајњача.

Доступни подаци указују на глобалне климатске промене као резултат притиска на животну средину, а и на човекове активности које су конзистентне и кохерентне за све нивое и регионе посматрања, и са очекиваним ефектима регионалних промена температуре ваздуха (IPCC, 2001, 2019). Са великом сигурношћу може се навести да је загревање услед активности човека досегло приближно 1°C (у границама између 0.8°C и 1.2°C), у односу на преиндустријски ниво, повећавајући се за 0.2°C (у границама између 0.1°C и 0.3°C), по декадама (Allen, M. *et al.*, 2018).

Најизраженије суше током 2000, 2003, 2012. и 2017. године, са екстремно високим температурама ваздуха, и најчешће без снежног покривача током зиме, неки су од последњих из серије климатских екстрема у региону јужне Европе. Екстремни климатски догађаји се већ јављају са повећаном фреквенцијом и дужином трајања. Тако са повећањем средње температуре ваздуха, климатски екстремни утичу негативно на биљни свет и повећавају њихову осетљивост на секундарне штете од инсеката и патогена. Екстремни догађаји вероватно ће имати још већи утицај на европске шуме и природне ресурсе, на пример на бореалне (Schlyter, P. *et al.*, 2006), алпске (Fuhrer, J.

et al., 2006) и равничарске шуме (Dorland, C. *et al.*, 1999; Галић, З., 2015). У раду ће бити приказани подаци за климазоналну шуму сладуна и цара *Quercetum frainetto-cerridis* Rudski за период од 2009. до 2019. године.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживања су обављена у климазоналној заједници сладуна и цара *Quercetum frainetto-cerridis* Rudski 1949. на локалитету ЈП „Србија-шуме”, ШГ „Крагујевац” Крагујевац. Састојина



Слика 1. Положај огледне површине
Figure 1 Research area location

је изданачког порекла, а налази се у ГЈ Букуља, одељење 69 одсек а (слика 1). Приказани подаци о температури ваздуха су прикупљани у периоду од 2009 до 2019. године. Мерења су извршена у интервалу од једног сата, комбинованим сензорима за температуру и релативну влагу ваздуха, на висини од 1.3 m, у центру огледне површине. Коришћен је сензор за температуру и влажност ваздуха (Thermotrack button), са опсегом мерења температура од -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$, и резолуцијом од $0,1^{\circ}\text{C}$, као и могућношћу прикупљања података од 1s до 273h.

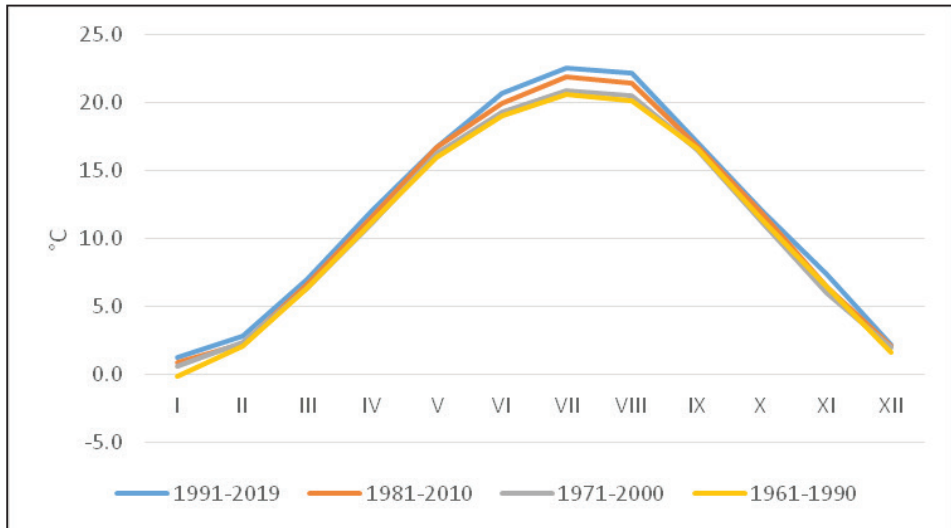
Примена сензора је методолошки описана у истраживањима Kovacs, B. *et al.* (2017) и Vukov, D. *et al.* (2016). Обрада података је обухватила анализу минималне, максималне и средње дневне температуре ваздуха.

Индекс FAI (Forest aridity index) је анализиран на основу обрасца датог у истраживању Fuhrer, E. *et al.* (2011). Подаци су обрађени у статистичком програму Statistica 12.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА СА ДИСКУСИЈОМ

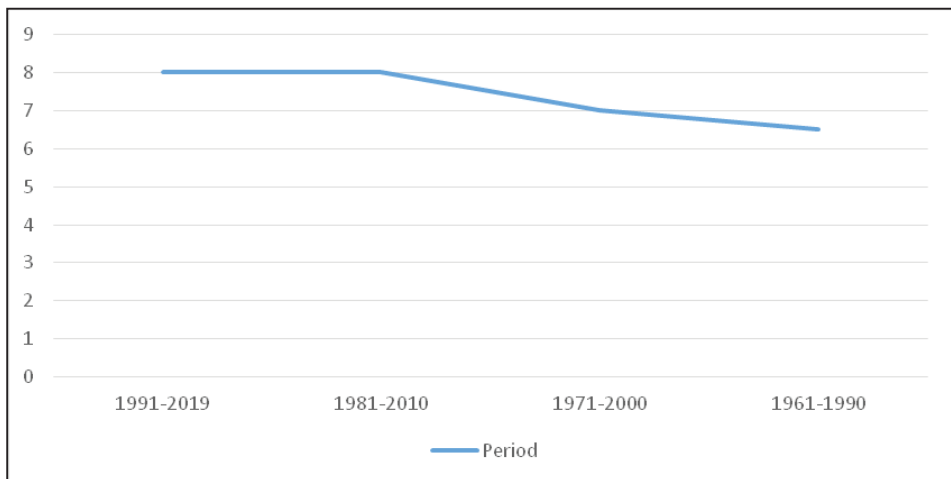
Повећање годишње температуре ваздуха забележено је за читаво подручје Републике Србије (Спасов, П. *et al.*, 2001). Наведена климатска осматрања указују на постојање тренда загревања (Lindner, M. *et al.*, 2010; Галић, З. *et al.*, 2018). Средње месечне температуре ваздуха за Крагујевац, у периоду од 1960. до 1991, од 1971. до 2000, од 1981. до 2010. и од 1991. до 2019. године, приказане су на графикону 1. Ови подаци указују на повећање средње темпе-

ратуре између 0.1°C и 0.3°C , по декадама, како је приказано истраживањима Alen, M. *et al.* (2018).



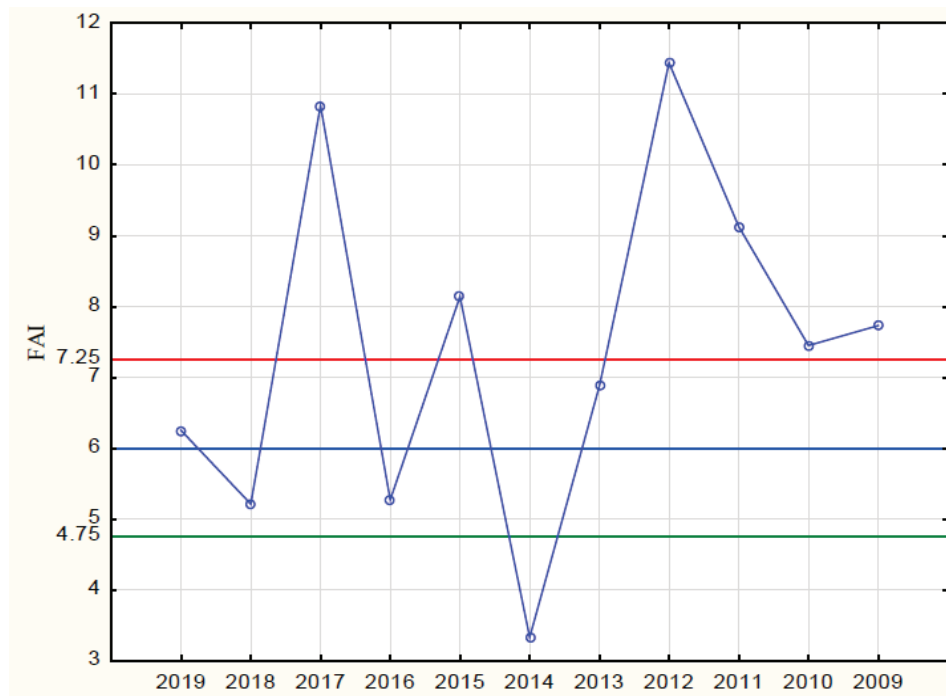
Графикон 1. Нормале за Крагујевац по периодима поређења
Graph 1 Normal mean annual temperature for Kragujevac

С обзиром на то да је тренд повећања средње месечне температуре ваздуха утврђен за период од 1961. до 2019. (повећање средње месечне температуре у вегетационом периоду) имао је утицај на FAI индекс у претходном периоду (графикон 2).



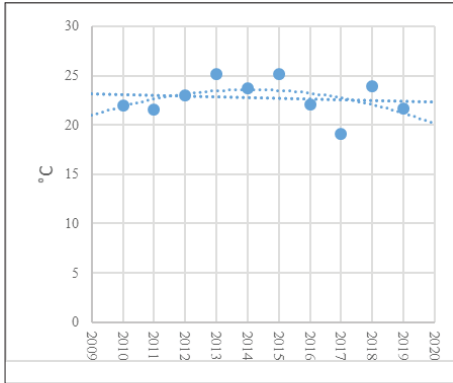
Графикон 2. Вредност FAI индекса у анализираним периодима
Graph 2 FAI values in the study periods

Наведени тренд загревања је имао одређен утицај и на промене вредности FAI индекса репрезентативних за одређене категорије вегетационог типа. У периоду истраживања од 2009. године вредности су биле шест година у зони шумо степе, а само једном карактеристичне за климазоналну шуму сладуна и цера (графикон 3). У периоду истраживања је исто тако детерминисано да је у две године FAI индекс имао вредности карактеристичне за шуму китњака и граба, док је једном била вредност карактеристична за букове шуме. Приказани подаци за овај период истраживања указују на повећани степен појаве екстремних догађаја у климазоналној шуми сладуна и цера (*Quercetum frainetto-cerridis* Rudski 1949).

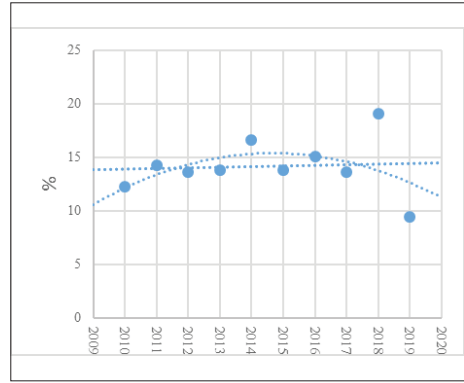


Графикон 3. FAI у периоду истраживања
Graph 3 FAI in the research period

Август је као најтоплији месец посебно истраживан у климазоналној шуми сладуна и цера *Quercetum frainetto-cerridis* Rudski 1949. Средња месечна температура ваздуха указује на незнатно смањење средње месечне температуре ваздуха (графикон 4). Наведени феномен је повезан са већим средњим месечним температурама у првим годинама истраживања. У истраживаној климазоналној вегетацији (графикон 5), у протеклом периоду, утврђен је повећани коефицијент варијације (10,75 to 19,67%), док статистичка значајност није утврђена.

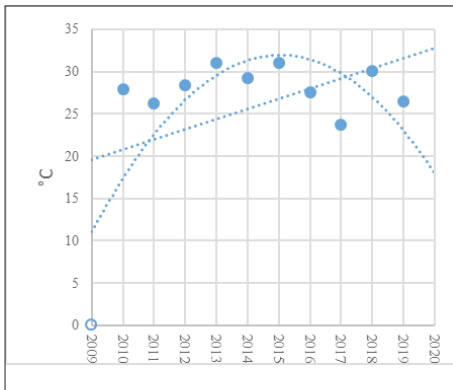


Графикон 4. Средња температура ваздуха у августу
Graph 4 Mean air temperature in August

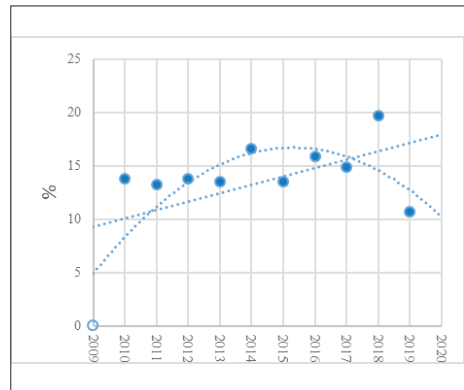


Графикон 5. Коефицијент варијације средње температуре у августу
Graph 5 Coefficient of variation of the mean temperature in August

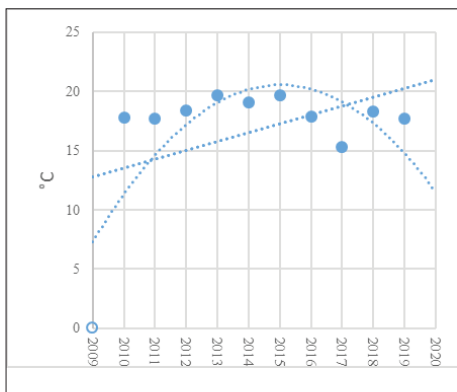
Максималне, као и минималне месечне температуре ваздуха, приказане су на графикону 6 и графикону 8. У претходном периоду (од 2010. до 2019) утврђено повећање за максималне месечне температуре ваздуха (просечно на месечном нивоу од 23,7 до 31,1°C). Исто тако је за минималне месечне температуре ваздуха (просечни месечни ниво од 15,3 до 19,7°C) у августу, утврђено повећање, али без дефинисане линеарне статистичке значајности.



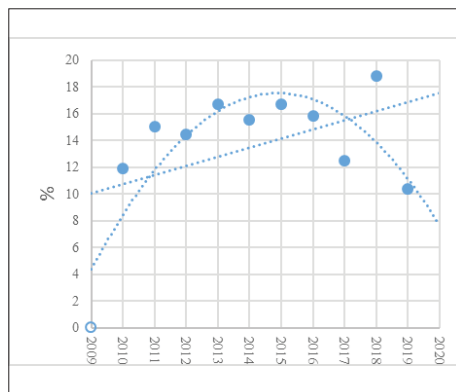
Графикон 6. Максималне температуре у августу
Graph 6 Maximum air temperature in August



Графикон 7. Коефицијент варијације максималних температура ваздуха у августу
Graph 7 Coefficient of variation of maximum temperature in August



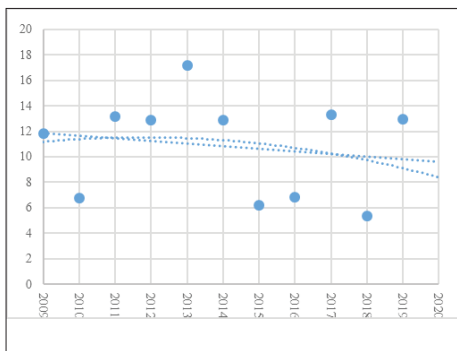
Графикон 8. Минималне температуре у августу
Graph 8 Minimum temperature in August



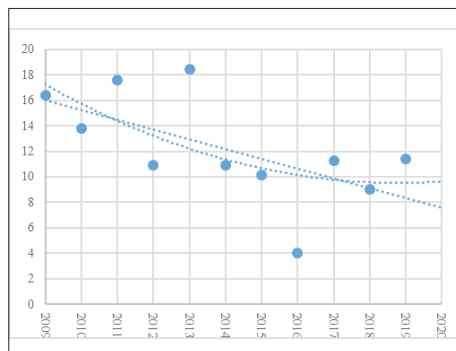
Графикон 9. Коefицијент варијације минималних температура у августу
Graph 9 Coefficient of variation of minimum temperature in August

Анализа тренда коefицијента варијације и за максимум (графикон 7) и за минимум месечних температура ваздуха (графикон 9) је у истраживаном периоду показивао повећање односно долази до повећања коefицијента варијације, као и све већег одступања. Коefицијент варијације за максималне температуре ваздуха је био од 10,74 до 19,67%, док је за минимум био од 10,35 до 18,84%, али без утврђене линеарне статистичке значајности.

Стандардна девијација је за максималне (графикон 10) и минималне (графикон 11) месечне вредности температуре указивала на пад истих према једначини, без утврђене линеарне статистичке значајности.



Графикон 10. Стандардна девијација – максималне вредности у августу
Graph 10 Standard deviation – maximum temperature in August



Графикон 11. Стандардна девијација – минималне вредности у августу
Graph 11 Standard deviation – minimum temperature in August

Табела 1. Регресијска анализа
Table 1 Regression analysis

	Линеарна / Linear	Коефицијент регресије / Coefficient of regression	Полиномска / Polynomial	Коефицијент регресије / Coefficient of regression
Средња температура ваздуха у августу	$y = -0.0799x + 183.79$	$R^2 = 0.0167$	$y = -0.0996x^2 + 401.27x - 404074$	$R^2 = 0.1829$
Коефицијент варијације средње температуре у августу	$y = 0.0556x - 97.786$	$R^2 = 0.0043$	$y = -0.1477x^2 + 595.31x - 599669$	$R^2 = 0.2009$
Максималне температуре у августу	$y = 1.2026x - 2396.4$	$R^2 = 0.2068$	$y = -0.5724x^2 + 2306.8x - 2E+06$	$R^2 = 0.5723$
Коефицијент варијације максималне температуре у августу	$y = 0.782x - 1561.7$	$R^2 = 0.2753$	$y = -0.2957x^2 + 1191.8x - 1E+06$	$R^2 = 0.5823$
Минималне температуре у августу	$y = 0.749x - 1492$	$R^2 = 0.1961$	$y = -0.3659x^2 + 1474.7x - 1E+06$	$R^2 = 0.5611$
Коефицијент варијације минималне температуре у августу	$y = 0.679x - 1354$	$R^2 = 0.1965$	$y = -0.3802x^2 + 1532.2x - 2E+06$	$R^2 = 0.6772$
Максималне вредности у августу – стандардна девијација	$y = -0.2075x + 428.83$	$R^2 = 0.0315$	$y = -0.0464x^2 + 186.65x - 187733$	$R^2 = 0.0438$
Минималне вредности у августу – стандардна девијација	$y = -0.7723x + 1567.6$	$R^2 = 0.377$	$y = 0.0813x^2 - 328.08x + 331167$	$R^2 = 0.4095$

Према подацима, у истраживаном периоду је утврђено повећање максималних и минималних месечних температура ваздуха, као и коефицијента варијације, али са смањењем стандардне девијације истраживаног параметра. Наведени феномен би могао објаснити и појаву значајних одступања FAI индекса и промене вредности за климазоналну вегетацију у последњих десет година, а месец август је обрађен у овом раду као најсубљи месец у вегетационом периоду и са високим утицајем на вегетацију уопште.

Повећање максималних и минималних вредности температура са повећаним коефицијентом варијације указују на битне разлике везане за период истраживања. Са друге стране мале промене у стандардној девијацији показују мале разлике месечних температура у истој години за дати месец истраживања. У практичном смислу у истраживаном периоду је дошло до смањења разлика између средњих вредности максималних и минималних температура, што је потребно узети у обзир приликом наредних истраживања и које се појаве могу десити у будућности.

4. ЗАКЉУЧЦИ

Истраживања су извршена у климатоналној вегетацији сладуна и цера *Quercetum frainetto-cerridis* Rudski 1949, од 2009. до 2019. године, на подручју ШГ „Крагујевац” Крагујевац. Подаци су прикупљани у интервалу од сат времена. Анализирани су подаци за средњу, максималну и минималну температуру ваздуха.

Анализа тренда повећања температуре је извршена на основу три периода истраживања. У односу на период од 1961. до 1990, за период од 1991. до 2019. је за све месеце утврђена повећана средња месечна температура ваздуха. Према FAI индексу су станишни услови били врло хетерогени, с тим да је најчешће забележено да је климатонална заједница била доминантно у шумостепи, а најмање у репрезентативним станишним условима. Осим наведеног, утврђено је да је су у 2014. години, према овом индексу, забележени и услови дефинисани за букове шуме.

Према подацима, у истраживаном периоду утврђено је повећање максималних и минималних температура ваздуха, као и повећање коефицијента варијације. Осим тога, у периоду истраживања забележено је и смањење стандардне девијације истраживаних параметара.

У практичном смислу, у истраживаном периоду је дошло до смањења разлика између средњих вредности максималних и минималних температура, што је потребно узети у обзир приликом наредних истраживања и које се појаве могу десити у будућности.

Захвалница: Рај је реализован у оквиру пројекта број 451-03-68/2020-14/200197 финансираној од стране Министарства образовања, науке и технолошкој развоја Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- Andelković, A., Đeković, V., Nikolić, V., Vukin, M. (2018): The Impact of Vegetation on the Quality of surface Water in the drainage basin of the Pek River. Šumarstvo-Forestry 1-2. Organ of Society of Forestry Engineers and Technicians of the Republic of Serbia and University of Belgrade Faculty of Belgrade. Belgrade. pp. 111-128
- Allen, M. R., Dube, O. P., Solecki, W., Aragão-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., Kainuma, M., Kala, J., Mahowald, N., Mulugetta, Y., Perez, R., Wairiu, M., Zickfeld, K., (2018): Framing and Context. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- Бабић, В. (2015): Климатске карактеристике Фрушке горе. Шумарство бр. 4, УШИТС и Универзитет у Београду Шумарски факултет. Београд. (стр. 25-37)

- Бунушевац, Т. (1951): Гајење шума I. Научна књига, Издавачко предузеће Народне Републике Југославије, Београд. (стр. 1-450)
- Dorland, C., Tol, R., Palutikof, J., (1999). Vulnerability of the Netherlands and northwest Europe to storm damage under climate change. A Model Approach Based on Storm Damage in the Netherlands. *Climate Change*, 43: 513-535.
- Fuhrer, J., Beniston, M., Fischlin, A., Frei, C., Goyette, S., Jasper, K., Pfister, C., (2006): Climate risks and their impact on agriculture and forests in Switzerland. *Climate Change*, 79: 79-102.
- Fuhrer, E., Horvath, L., Jagodics, A., Machon, A., Szabados, I (2011): Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Idojaras*, vol 115, p. 2015-216
- Galić, Z. (2015): Monitoring temperaturnih uslova u sastojini crnog oraha. *Topola 195/96*. str. 15-22
- Galić, Z., Drekić, M., Vasić, V., Pekeć, S., Kesić, L., Novčić, Z. (2018): Monitoring mikroklimatskih uslova na tačkama nivo II u šumskim ekosistemima u AP Vojvodini. *Topola*. 201/202, str. 15-32
- IPCC, 2001. WGI Third Assessment Report: Summary for policymakers, Geneva.
- IPCC (2019): Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- Јовић, Н., Томић, З., Јовић, Д. (1991): Типологија шума, стр. 1-246, Шумарски факултет, Београд
- Lindner M., Maroschek M., Netherer S., Kremer A., Barbati A., Garcia-Gonzalo J., Seidl R., Delzon S., Corona P., Kolstrom M., Lexer M., Marchetti M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 259 p. 698-709
- Kovács, B., Tinya, A., Ódora, P. (2017): Stand structural drivers of microclimate in mature temperate mixed forests. *Agricultural and Forest Meteorology* 234, p. 11–21
- (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018): Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod: Meteorološki godišnjak 1. – Klimatološki podaci 2009, str. 1-213, Београд
- Schlyter, P., Stjernquist, I., Bårring, L., Jönsson, A., Nilsson, C., (2006). Assessment of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe, focusing on Norway spruce. *Climate Research*, 31: 75–84.
- Spasov, P., Spasova, D. (2001). Drought occurrences in Serbia and their forecasting possibility. *Proceedings of the 35th Seminar of Agronomist, organized by: Institute of Field Vegetable Crops, YU-Novi Sad*, pp. 393-401.
- Томић, З., Ракоњац, Л. (2011): Survey of syntaxa of forest and shrub vegetation of Serbia. *Folia biologica et geologica*, Volume 52, Number 1-2, p. 111-141
- Стајић, С., Крстић, М., Чокеша, В., Бабић, В. (2019): Утицај орографских фактора на распрострањење шумске вегетације на Космају. *Шумарство бр. 1-2. УШИТС и Универзитет у Београду Шумарски факултет. Београд.* (стр. 69-85)
- Томић, З. (1992): Шумске фитоценозе Србије. Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд. стр. 1-132,
- Vukov, D., Galić, Z., Rućando, M., Ilić, M., Ćuk, M., Igić, D., Igić, R., Orlović S. (2016): Effects of natural broadleaved generation vs. conifer restoration on the herb layer and micro-climate. *Archives of Biological Sciences*, 68:(3) 483-493
- Živanović, S., Gocić J. M., Vukin, M., Babić, V. (2018): The Importance of the Knowledge of the Effects of Moisture Conditions on the Frequency and Intensity of Forest Fires. *Šumarstvo-Forestry 3-4. Organ of Society of Forestry Engineers and Technicians of the Republic of Serbia and University of Belgrade Faculty of Belgrade.* Belgrade. pp. 127-136

EXTREME TEMPERATURE FLUCTUATIONS IN AUGUST IN *Quercetum frainetto cerridis*
RUDSKI 1949 FORESTS IN THE AREA OF FE 'KRAGUJEVAC' KRAGUJEVAC

Zoran Galić
Miljan Samardžić
Sanja Simić
Albina Tobolka Tarjan

Summary

The research was conducted in the *Quercetum frainetto-cerridis* Rudski 1949 association (locality: PE Srbijašume, Kragujevac, Topola). The data of microclimate (temperature) were collected during the period from 2009 to 2019, one-hour intervals. The research analyzes the mean, minimum, and maximum air temperatures. The data on climate were analyzed on the basis of the annual report of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia from 1960 to 2019. August, as the warmest month, was additionally researched in the climate zonal forest of Hungarian oak and Turkey oak *Quercetum frainetto-cerridis* Rudski 1949. The warming trend was analyzed in three research periods. Compared to the period from 1961 to 1990, the period from 1991 to 2019 had an increased average monthly air temperature determined for all months. According to the FAI index, site conditions were very heterogeneous. During the research period, it was observed that the climate zonal community was most often in the forest-steppe, and rarely in the site conditions defined for this community. Besides the above, the conditions defined for beech forests by this index were recorded in 2014. Observing the entire research period, an increase in extreme events in the climate zonal forest *Quercetum frainetto-cerridis* was observed. According to data, the research period was marked by increasing maximum and minimum temperatures and an increasing coefficient of variation. In addition, during the research period, a decrease in the standard deviation of the investigated parameters was noted. This phenomenon could also explain significant deviations of the FAI index in the previous ten-year period, given the observed variations. In practical terms, in the researched period, there was a decrease in the differences between the mean values of maximum and minimum temperatures, which should be considered in future research and point out possible anomalies that may occur in the future.

