

# ЗНАЧАЈ ПОЗНАВАЊА УТИЦАЈА УСЛОВА ВЛАЖНОСТИ НА УЧЕСТАЛОСТ И ИНТЕНЗИТЕТ ШУМСКИХ ПОЖАРА

СТАНИМИР ЖИВАНОВИЋ<sup>1</sup>  
МИЛЕНА Ј. ГОЦИЋ<sup>2</sup>  
МАРИНА ВУКИН<sup>3</sup>  
ВИОЛЕТА БАБИЋ<sup>3</sup>

**Извод:** Просторна и временска варијабилност појаве шумских пожара мора се разумети у контексту услова влажности. У раду се дају упоредна истраживања услова влажности у вегетационом периоду на подручју североисточне Србије и динамика појаве шумских пожара. Коришћени су подаци приземних метеоролошких мерења на две главне метеоролошке станице на подручју североисточне Србије – Неготин и Зајечар, за период 2009-2015. године. За оцену влажности одређени су Стандардизовани индекс падавина за вегетациони период (SPI-6) и Дејвисов индекс оптималних летњих временских прилика (I). Анализа података указује да постоји корелација услова влажности са појавом и интензитетом шумских пожара на истраживаном подручју. Степен опасности од шумских пожара, посматрајући у зависности од утицаја услова влажности у вегетационом периоду, највиши је у сушном периоду. Изузетно влажан период током 2014. године утицао је на минималан број појаве пожара. Осим тога, анализом Дејвисовог индекса оптималних летњих временских прилика (LI) утврђена је позитивна корелација између овог параметра и броја и интензитета шумских пожара на истраживаном подручју. Уочено је повећање вредности овог индекса током 2012. и 2015. године, што је резултирало повећањем опасности од појаве шумских пожара. Смањене вредности индекса (I), током 2014. године, указује на позитивну корелацију овог показатеља са малим бројем појаве пожара у летњим месецима. Резултати су упоређени са актуелним научним резултатима са подручја југоисточне Европе и примењиви су у области екологије и шумарства.

**Кључне речи:** одрживи развој, услови влажности, шумски пожар, шумарство, животна средина

## 1. УВОД

Појава шумских пожара у Србији изражена је скоро сваке године и представља ограничавајући фактор одрживог развоја шумарства. Намеће се потреба предузимања одговарајућих мера у циљу смањења ризика од појаве пожара, а тиме и неповољних утицаја повезаних са њеном појавом у наред-

---

1 *др Станислав Живановић, Сектор за ванредне ситуације, Београд, Србија*

2 *Милена Ј. Гоцић, мастер географије, асистент, Универзитет у Нишу Природно-математички факултет Ниш, Србија*

3 *др Марина Вукин, стручни сарадник; др Виолета Бабић, доцент; Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, Србија*

ном периоду. Климатски параметри обезбеђују почетне и граничне услове предикције могућности настанка и развоја шумских пожара. Разумевање дугорочних односа између климатских услова и појаве шумских пожара од суштинског је значаја за одрживо управљање бореалним шумама у време изражених климатских промена (Bergeron, Y. *et al.*, 1998). Осим непроцењиве штете по животну средину, шумски пожари знатно угрожавају и саму продуктивност шума (Миленковић, М. *et al.*, 2017).

Услови влажности су један од најважнијих фактора утицаја на запаљивост биљне материје и повећан ризик од настанка пожара (Живановић, С., 2010). Појам услова влажности је званичан термин у агрометеорологији и одређује се на основу неколико показатеља (индекса), на основу чега се прати појава суше на одређеном подручју, у одређеном временском периоду. Могућност паљења биљног покривача зависна је од стања влаге у горивом материјалу, земљишту и ваздуху, на шта, у већој и/или мањој мери, утичу вредности и промене климатских елемената. Цитирајући резултате истраживања аутора Dale, H.V. *et al.* (2001), који сматрају да: „...Учесћалост, величина, интензивност, периодичност и врста пожара зависи од времена и климе, уз структуру и састав шума...”, Radovanović, М., Pereira Gomes, J.F. (2008) истичу да дуге суше, високе температуре, вегетацијски састав, конфигурација терена, појава громава и слично највероватније могу, у одређеним условима, проузроковати и диктирати услове развоја шумских пожара. Режим сунчевог зрачења на површинама испод биљног покривача представља веома важан фактор у условима који доводе до појаве пожара (Живановић, С., Вукин, М., 2017). Поклапање периода суше и високих температура доводи до смањења виталности стабала и сушења вегетације (Spasov, P., 2003; Allen, C.D. *et al.*, 2010; Letić, Lj. *et al.*, 2017; Krstić, М. *et al.*, 2018) што погодује стварању услова за појаву пожара (Živanović, S., 2014., Živanović, S. *et al.*, 2015). Опасност од пожара мања је за време изузетно влажних периода (Dimitrakopoulos, A.P. *et al.*, 2011; Ćurić, М., Živanović, S., 2013). Тако се шумски пожари, углавном, јављају током сувог летњег периода када је температура висока, влажност ваздуха мала и смањена влага горивог материјала (Piñol, J. *et al.*, 1998; Dragičević, S. *et al.*, 2011). Појава пожара у Србији је различита од периода до периода, што углавном зависи од временских услова и влажности горивог материјала (Tabaković Tošić, М. *et al.*, 2009; Živanović, S., 2017).

Услови влажности у одређеном периоду могу се приказати помоћу индекса суше. Данас се у свету користе бројни индекси суше, а један од најчешће примењиваних је SPI – Стандардизовани индекс падавина (McKee, T.V. *et al.*, 1993, 1995). Разноликост климатских параметара у летњим месецима, када је појава пожара изражена, може се одредити помоћу Дејвисовог индекса оптималних летњих временских прилика (I).

Циљ овог истраживања био је испитивање утицаја услова влажности на ризик од појаве пожара, ради даљег рада на превенцији и контроли шумских пожара.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Подручје североисточне Србије чини географски простор са кога се воде сливају у свих пет Тимока (Сврљишки, Трговишки, Бели и Црни Тимок, и сједињени у доњи или Велики Тимок) са додатком Кључа и Пореча (Andjelković, A. *et al.*, 2018). Простор је одвојен од осталих делова природним границама: на северу река Дунав, на истоку (према Бугарској), Стара планина и Велики Тимок, на југу, планински ланац од Грамаде и Сврљишких планина до Миџора и на западу, делови севернокучајских планина (Manojlović, P., 1986).

За анализу рада коришћени су подаци приземних метеоролошких мерења на две главне метеоролошке станице које покривају највећи део подручја североисточне Србије – Неготин и Зајечар. Сагледавање ризика од пожара вегетације у шуми извршено је на основу вредности Стандардизованог индекса падавина (SPI-6) и Дејвисовог индекса оптималних летњих временских прилика (I).

Стандардизовани индекс падавина представља количину падавина забележену током неког временског периода представљену преко вредности случајне променљиве која има стандардизовану нормалну расподелу вероватноћа. Овај индекс зависи од функције густине вероватноће падавина и функције расподеле падавина. Према овој методи постоје следеће категорије услова влажности:

**Табела 1.** Категоризација услова влажности према SPI (RHMS, 2010)

Категорија услова влажности	Вредности SPI
Изузетна суша	$SPI \leq -2.326$
Екстремна суша	$-2.326 < SPI \leq -1.645$
Јака суша	$-1.645 < SPI \leq -1.282$
Умерена суша	$-1.282 < SPI \leq -0.935$
Сушно	$-0.935 < SPI \leq -0.524$
Нормални услови влажности	$-0.524 < SPI < +0.524$
Мало повећана влажност	$+0.524 \leq SPI < +0.935$
Умерено повећана влажност	$+0.935 \leq SPI < +1.282$
Јако влажно	$+1.282 \leq SPI < +1.645$
Екстремно влажно	$+1.645 \leq SPI < +2.326$
Изузетно влажно	$SPI \geq +2.326$

Позитивне вредности SPI показују да је количина падавина у одређеном временском периоду већа од медијане добијене из вишегодишњих мерења количина падавина, док негативне вредности SPI показују да је количина падавина у одређеном временском периоду мања од медијане.

Просторна и временска разноликост климатских параметара одређена

је помоћу Дејвисовог индекса оптималних летњих временских прилика (LI), који је зависан од три параметра: температуре ваздуха, инсолације и падавина (Davies, N. E., 1968):

$$I = (18 TL_{\max} + 0,217S) - (0,276 N) + 320 \quad (1)$$

где је:

$TL_{\max}$  - средњи месечни максимум температуре ваздуха током три летња месеца ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$S$  - просечна дневна инсолација у три летња месеца (h), и

$N$  - количина падавина у три летња месеца (mm).

За сагледавање динамике појаве шумских пожара искоришћен је низ података за период 2009-2015. године. Корелација динамике појаве пожара и услова влажности сагледана је на основу статистичких показатеља броја пожара и вредности SPI и I. Период анализе довољно је дуг да гарантује поузданост анализе.

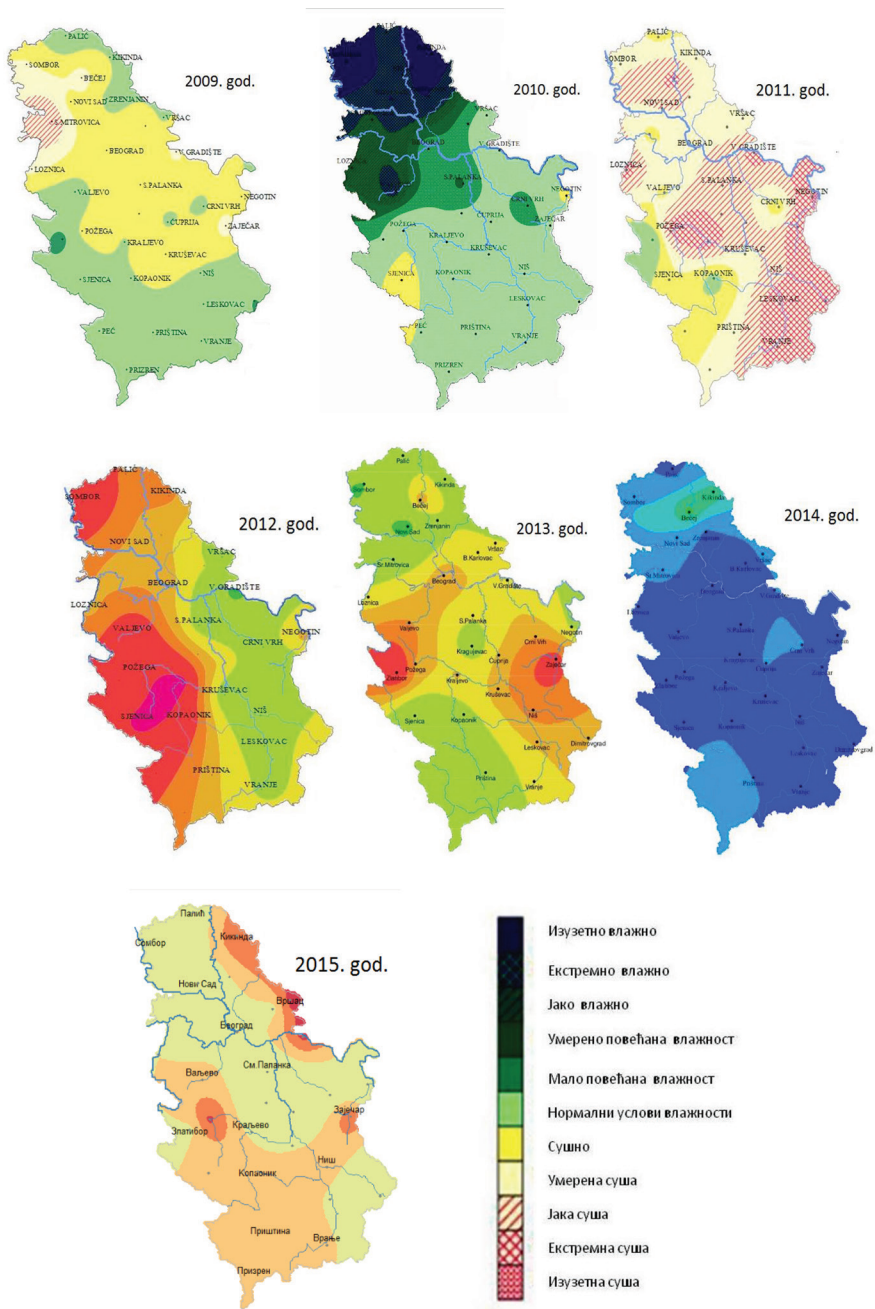
### 3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

#### 3.1. Основне карактеристике услова влажности на истраживаном подручју

Подручје Србије изложено је променама услова влажности, нарочито током топлије половине године (Sprasov, P., 2003). Стандардизовани индекс падавина (SPI) применљив је показатељ услова влажности до ког се долази на основу података о количини падавина ([www.hidmet.gov.rs](http://www.hidmet.gov.rs)). Вредности SPI указују на залихе воде у површинском слоју земљишта, што је од значаја за могућност појаве пожара на вегетацији. Суша се догађа у било ком тренутку када је SPI константно негативан и досеже интензитет од -1,0 или мање.

Оцена услова влажности у вегетационом периоду на подручју североисточне Србије, на основу вредности SPI-6 за септембар, приказана је на слици 1 ([www.hidmet.gov.rs](http://www.hidmet.gov.rs)). На карти SPI-6 (слика 1), где су услови влажности срачунати на основу претходних шест месеци, очљиво је шест категорија услова влажности, од изузетно влажних до екстремно сушних услова. У вегетационом периоду 2014. године, на основу Стандардизованог индекса падавина (SPI-6), на подручју североисточне Србије забележени су изузетно влажни услови. Процент падавина у наведеном периоду већи је два до три пута у односу на просечне вредности ([www.hidmet.gov.rs](http://www.hidmet.gov.rs)). Најнеповољнији услови влажности, представљени екстремном сушом, евидентирани су на истраживаном подручју у току 2011. године. Запажа се да је једино подручје Зајечара, током две календарске године (2011. и 2013. године), захваћено екстремном сушом у вегетационом периоду.

Услови влажности су, током летњих месеци, промењиви, што је, најчешће, неповољно за вегетацију. Вредности Дејвисовог индекса оптималних летњих временских прилика (I) указују на изражена повећања током 2012. године (табела 2), што је условљено дефицитом падавина. Најмање вредности овог индекса су за 2014. годину када је регистрован суфицит падавина на подручју североисточне Србије. Запажа се да су вредности овог индекса, током наведене године, ниже од вредности вишегодишњег просека (табела 2).



Слика 1. Услови влажности у Србији Стандардизованог индекса падавина (SPI-6) одређени за вегетациони период (01.04.-30.09) 2009 -2015. године (Извор: [www.hidmet.gov.rs](http://www.hidmet.gov.rs)).

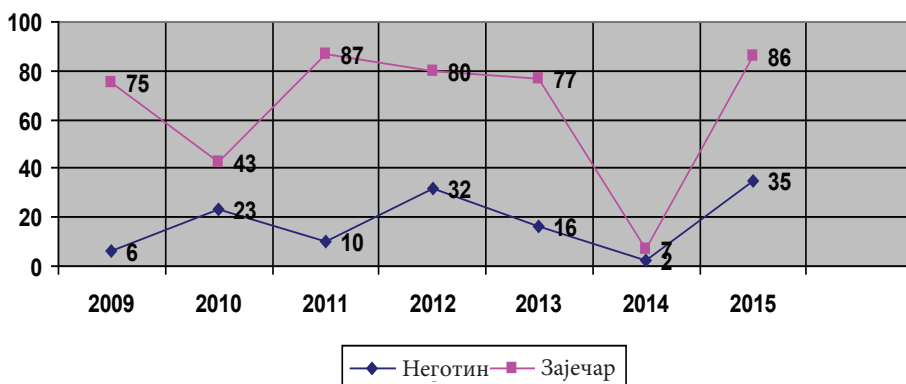
**Табела 2.** Индекс летњих временских прилика за период 1961-1990. и 2009-2015. године

Главна метеоролошка станица	Година							
	1961-1990.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
Неготин φ 44°14N λ 22°33E н.в. 42 m	776	796	825	828	895	840	756	845
Зајечар φ 43°53N λ 22°18E н.в. 144 m	768	799	790	819	873	848	729	851

### 3.2. Динамика појаве пожара на истраживаном подручју

На подручју североисточне Србије шуме су, у дужем периоду у току године, изложене опасности од настанка пожара. На графикону 1. представљена је динамика настанка пожара на површинама под шумом и макијом на подручју североисточне Србије, у периоду 2009-2015. године (Архива МУП). На основу приказаног, утврђује се да је највећи број пожара евидентиран у току 2012. и 2015. године. Најмањи број појаве пожара је у току 2014. године. Од евидентираног броја пожара, највећи део (90,4%) захватио је површине под макијом.

Динамика појава пожара позитивно корелише са периодом када је SPI са малим вредностима (табела 3). Уочава се да је изражена разлика броја пожара на одређеном подручју у зависности од услова влажности. Наиме, уколико је већа разлика у условима влажности, то је и разлика у броју пожара већа. Број пожара на истраживаном подручју већи је уколико је вредност SPI-6 мања. Изражено мали број појаве пожара јавља се при изузетно влажним условима, као што су били током 2014. године.

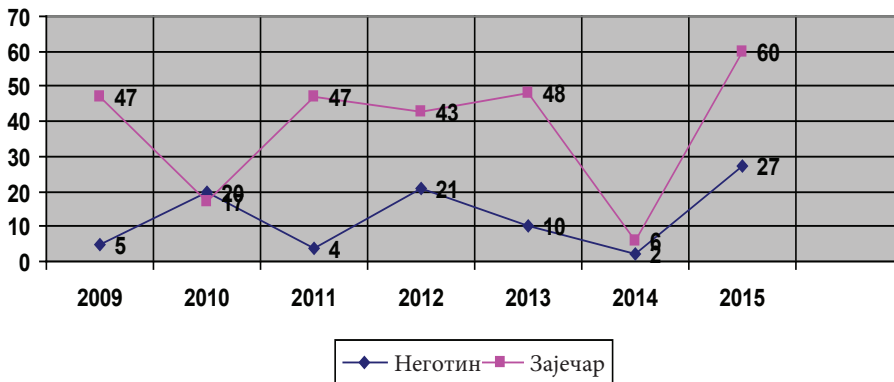


**Графикон 1.** Број пожара на подручју североисточне Србије током вегетационог периода (2009-2015. године)

**Табела 3.** Број пожара у вегетационом периоду и услови влажности

Год.	Неготин		Зајечар	
	Број пожара	Услови влажности (SPI-6)	Број пожара	Услови влажности (SPI-6)
2009.	6	Сушно	75	Умерена суша
2010.	23	Сушно	43	Нормални услови влажности
2011.	10	Изузетна суша	87	Екстремна суша
2012.	32	Умерена суша	80	Нормални услови влажности
2013.	16	Нормални услови влажности	77	Екстремна суша
2014.	2	Изузетно влажно	7	Изузетно влажно
2015.	35	Нормални услови влажности	86	Јака суша

Појава пожара у летњим месецима (јун-јул-август) приказана је на графikonу 2. Уочава се највећи број појаве пожара на истраживаном подручју, током 2012. и 2015. године (Табела 2), када су и највеће вредности Дејвисовог индекса оптималних летњих временских прилика (I). Најмањи број појаве пожара евидентиран је током 2014. године, када су вредности овог параметра најмање.



**Графикон 2.** Број пожара у летњим месецима (период 2009-2015)

Добијени резултати истраживања потврђују констатације Westerling, A.L, *et al.* (2006); Won, M.S. *et al.* (2006, 2010); Živanović, S. (2010); Haire, S. (2009); Chandler, C. *et al.* (1983); које се односе на подударност највећег броја пожара у природи са периодима које карактеришу високе температуре ваздуха и дневно и месечно смањење садржаја влаге у земљишту и горивом материјалу. Аутори Роров, Т. *et al.* (2018) дошли су до сличних резултата у истраживањима трендова екстремних температура на подручју Босне и Херцеговине закључујући да су екстремно високе температуре значајно порасле, док су екстремни ниских температура показали тренд опадања. Свакако да на динамику појаве пожара утичу и распоред и количине падавина (Ћurić,

М., Živanović, S., 2013), као и негативни антропогени фактор, односно, немар и незнање људи који бораве у шуми или у непосредној близини.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Мониторинг услова влажности на одређеном подручју користи се, све више, као алат за успешно предвиђање шумских пожара, заштиту шума, односно планирање газдовања шумама у условима климатских промена. Услови влажности варирају у времену и простору, што утиче на промену нивоа ризика од појаве шумских пожара. Веће вредности влажности условљавају смањење опасности од пожара, и обрнуто. Уколико се утицај услова влажности на вегетацију проводи у процени ризика од шумских пожара, негативни ефекти се могу свести на минимум.

У раду су приказани резултати истраживања услова влажности током вегетационог периода и динамика појаве шумских пожара на подручју североисточне Србије, на основу метеоролошких података приземних мерења на главним метеоролошким станицама: Зајечар и Неготин, за период 2009-2015. године. Анализа података за наведени период указала је на корелацију услова влажности са појавом и интензитетом шумских пожара на истраживаном подручју. Закључено је да је степен опасности од шумских пожара највиши у сушном периоду, док је изузетно влажан период, током 2014. године, утицао на минималан број појаве пожара. Такође, током 2012. и 2015. године уочено је повећање вредности Дејвисовог индекса оптималних летњих временских прилика (I), што је резултирало повећањем опасности од шумских пожара.

Добијени показатељи услова влажности у овом раду указују да је највећи степен угрожености шума од пожара у току периода са смањеним нивоом влажности. Резултати истраживања пружају основ за адекватне програме заштите шума и упозорења јавности на подручја могуће појаве пожара и периоде ризика. Све наведено доприноси ефикаснијем деловању приликом спашавања материјалних добара, људских живота и спречавања већих штета у животној средини.

Екстремни услови влажности већ представљају изазов за доносиоце одлука, а многобројни климатски сценарији предвиђају даље повећање њихове учесталости у будућности. Управо ће у оваквим променљивим временским условима заштита шума од пожара бити од велике важности у циљу ублажавања негативног деловања временских чиниоца на настанак и развој шумског пожара.



## ЛИТЕРАТУРА

- Анђелковић, А., В., Ђековић, В., Николић, В., Вукин, М. (2018): Утицај вегетације на квалитет површинских вода у сливу реке Пек. Шумарство 1-2. УШИТС, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд. Стр. 111-128.
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Venetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H. (Ted), Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.-H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A., Cobb, N. (2010): A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, Vol. 259(4): 660 - 684.
- Архив Републичког хидрометеоролошког завода Србије. (интернет). Београд. Републички хидрометеоролошки завод Србије: [www.hidmet.gov.rs](http://www.hidmet.gov.rs).
- Архив Министарства унутрашњих послова (Србија), Сектор за ванредне ситуације, Регистар пожара 2009 - 2015.
- Beregon, Y., Richard, P.J.H., Carcaillet, C., Gauthier, S., Flannigan, M., Prairie, Y.T. (1998): Variability in fire frequency and forest composition in Canada's southeastern Boreal forest: a challenge for sustainable forest management. *Conservation Ecology*, Vol. 2(6), art. 6 ([www.Consecol.org/Journal/vol2/iss2](http://www.Consecol.org/Journal/vol2/iss2)).
- Čurić, M., Živanović, S. (2013): Dependence between Deficit and Surplus of Precipitation and Forest Fires. *Disaster Advances*, Vol. 6(6): pp. 64 - 69.
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson, P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J., Simberloff, D., Swanson, F.J., Stocks, B.J., Wotton, B.M. (2001): Climate Change and Forest Disturbances. *BioScience*, Vol. 51(9): pp. 723 - 734.
- Davis, N.E. (1968): An Optimum Summer Weather Index. *Weather*, Vol. 23(8): pp. 305 - 317.
- Dimitrakopoulos, A.P., M. Vlahou, Anagnostopoulou, C.G., Mitsopoulos, I.D. (2011): Impact of drought on wildland fires in Greece: implications of climatic change? *Climatic Change*, Vol. 109(3): 331 - 347.
- Dragicevic, S., Filipovic, D., Kostadinov, S., Ristic, R., Novkovic, I., Zivkovic, N., Andjelkovic, G., Abolmasov, B., Secerov, V., Djurdjic, S. (2011): Natural hazard assessment for land-use planning in Serbia. *Int. J. Environ. Res.*, Vol. 5(2): pp. 371-380.
- Haire, S., McGarigal, K. (2009): Changes in Fire Severity across Gradients of Climate, Fire Size, and Topography: A Landscape Ecological Perspective. *Fire Ecology*, Vol. 5(2): pp. 86 - 103.
- Krstić, M., Kanjevac, B., Babić, V. (2018): Effects of extremely high temperatures on some growth parameters of sessile oak (*Quercus petraea* /Matt./Liebl.) seedlings in northeastern Serbia. *Archives of Biological Sciences* 2018;70(3): pp. 521-529.
- Letić, Lj., Nikolić, V., Savić, R. (2017): Утицај режима влажења на сушење шума у ГЈ 'Рашковица-Смогвица'. Шумарство 1-2. УШИТС, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд. Стр. 53 - 64.
- Manojlović, P. (1986): Severoistočna Srbija-fizičko-geografske karakteristike. *Istorijski arhiv Krajinne, Ključa i Poreča, Negotin*.
- Milenković, M., Yamashkin, A.A., Ducić, V., Babić, V., Govedar, Z. (2017): Forest fires in Portugal - the connection with the Atlantic multidecadal oscillation (AMO). *J. Geogr. Inst. Cvijic.*, Vol. 67(1): pp. 27 - 35.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993): The Relationship of Drought Frequency and Duration Times Scales. *American Meteorological Society. 8th Conference on Applied Climatology*, 17-22 January, Anaheim, pp. 179 - 184.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1995): Drought monitoring with multiple time scales. *Proceedings of the 9th Conference on Applied Climatology*, 15-20 January, Dallas, TX, American

- Meteorological Society, pp. 233-236.
- Piñol, J., Terradas, J., Lloret, F. (1998): Climate Warming, Wildfire Hazard, and Wildfire Occurrence in Coastal Eastern Spain. *Climatic Change*, Vol. 38(3): pp. 345-357.
- Popov, T., Gnjata, S., Trbic, G., Ivanisevic, M. (2018): Recent Trends in extreme Temperature indices in Bosnia and Herzegovina. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 13, No. 1, pp. 211-224.
- Radovanović, M., Pereira Gomes, J.F. (2008): Сунчева активност и шумски пожари. Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, Стр. 163. Београд.
- Spasov, P. (2003): Pojava suše u Srbiji, njeno praćenje i mogućnosti prognoze. *Vodoprivreda*, Vol. 35(1-2): pp. 30 - 36.
- Tabaković Tošić, M., Marković, M., Rajković, S., Veselinović, M. (2009): Šumski požari u Srbiji - slučajnost ili redovna pojava. *Održivo šumarstvo - Zbornik radova* Vol. 59 - 60, Institut za šumarstvo Beograd, Str. 97 - 125.
- Westerling, A.L., Hidalgo, H.G., Cayan, D.R., Swetnam, T.W. (2006): Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. Forest Wildfire Activity. *Science*, Vol. 313(5789): pp. 940 - 943.
- Won, M.S., Koo, K-S., Lee, M.B. (2006): An Analysis of Forest Fire Occurrence Hazards by Changing Temperature and Humidity of Ten-day Intervals for 30 Years in Spring. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 8(4): 250 - 259.
- Won, M.S., M. Danesh Miah, K-S. Koo, Shin, M-Y. ( 2010): Meteorological Determinants of Forest Fire Occurrence in the Fall, South Korea. *Jour. Korean For. Soc.*, Vol. 99(2): 163 - 171.
- Živanović, S. (2010): Risk factors for forest fires. *Bezbednost*, Vol. 52(2): pp. 179 - 190.
- Živanović, S. (2014): Forest fires are a risk factor for plant species. *Acta agriculturae Serbica*, Vol. XIX (37): pp. 71 - 81.
- Živanović, S. (2017): Impact of Drought in Serbia on Fire Vulnerability of Forests. *Int. J. Bioautomation*, Vol. 21(2): pp. 217 - 226.
- Živanović, S., Gocić, M., Ivanović, R., Martić Bursać, N. (2015): The effect of air temperature on forest fire risk in the municipality of Negotin. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, Tome XCV - N° 4: 67 - 76.
- Živanović, S., Vukin, M. (2017): Effect of global solar radiation threats to forest fire in the area of Nature park „Golija“ Serbia. *Forestry. Organ of Society of Forestry Engineers and Technicians of the Republic of Serbia; University of Belgrade Faculty of Forestry*. Vol. LXIX(3-4): pp. 69 - 84.