Проф. др Александар ЂОРЂЕВИЋ*

Проф. др Јелена МИЛОВАНОВИЋ

Животна средина и одрживи развој, Универзитет Сингидунум, Београд
Ања ЗЛАТАНОВИЋ,

Wayne State University, Department of Biological sciences,
Detroit MI, USA

ДОИ: 10.5937/bezbednost2103043D

УДК: 614.841.42:630(497.11 Стара планина)“2019“

502.172:502.211(497.11 Стара планина)“2019“

Оригинални научни рад

Примљен: 5. 4. 2021. године

Ревизија: 28. 4. 2021. године

Ревизија: 30. 11. 2021. године

Датум прихватања: 1. 12. 2021. године

Последице шумског пожара по земљиште и популације ендемичних врста Старе планине

Апстракт: Еколошка безбедност препознаје шумске пожаре као веома изазован ризик, који постаје још више актуелан у светлу климатских промена. Шумски пожари у планинским пределима, који су тешко приступачни, а локална заједница не располаже адекватним средствима за контролу и гашење, представљају једну од најизазовнијих категорија еколошког ризика. Пожар који је захватио подручје Парка природе „Стара планина“ у периоду од 28. октобра до 3. новембра 2019. године, проширио се на преко 2.100 хектара површине и девастирао станишта ендемских биљних врста *Cirsium heterotrichum* и *Senecio jancsici*. Циљ овог рада је истраживање промена агрохемијских карактеристика земљишта захваћеног пожаром, као и рекогносцирање терена у циљу установавања степена обнове популација ендемских врста, годину дана након шумског пожара.

Кључне речи: пожариште, ендемити, Стара планина, последице.

* aleksandar.djordjevic.19@singimail.rs

Увод

Један од главних проблема на глобалном нивоу јесте појава шумских пожара. Ангажовање свих актера, од локалног до међународног нивоа, пресудно је за спречавање и ублажавање последица пожара. Сваке године у свету се региструје пола милиона пожара и 400.000 хектара опустошене земље. Ако знамо узрок и понашање шумских пожара, можемо деловати благовремено, превентивно и организовано, спречавајући њихову појаву и ширење (Алексић, Јанчић, 2010).

Фактори који пресудно утичу на ширење пожара јесу запаљивост материјала, клима, надморска висина, нагиб терена и слично. Запаљиви материјал има најважнију улогу у настанку и ширењу пожара, посебно његов састав и влажност. Највећи утицај на ширење пожара имају релативна влажност, температура, падавине и ветар. Влажност земљишта утиче на појаву и ширење пожара. Снага и правац ветра такође играју главну улогу у ширењу и јачини пожара. Нагиб терена и вегетацијски покривач утичу на стварање, развој и брзину ширења ватре. Осунчани положаји су изложенији брзом развоју пожара – на странама које су више изложене сунцу пожари се чешће јављају, брже се шире и имају већу разорну снагу (Алексић et al., 2009).

Последице пожара нарушавају биолошку разноврсност, јер услед појаве инвазивних врста након пожара нестају ретке, угрожене и рањиве врсте. Код земљишта се мењају микробиолошке, физичке и хемијске особине, а долази и до промене пејзажа и предела. Свака појава пожара доводи до нарушавања шумског екосистема. Зато је од непроцењивог значаја да се тај шумски екосистем врати у првобитно стање и да процес природног обнављања и ревитализације буде што бржи, а период обнове шуме што краћи (Вукићевић, 1965).

Материјал и методе

Опис подручја истраживања

Планински венац Стара планина налази се у Источној Србији. Омеђен је долинама Белог и Трговишког Тимока и Височице на западу, и државном границом на истоку. На северу почиње од обронака Вршке чуке (692 m) у околини Зајечара, постепено се повијајући на југоисток. Највиши врх Старе планине је Миџор (2.169 m) (Иванчевић et al., 2007).

Специфичне карактеристике Старе планине (геоморфолошке, климатске, геолошке и др.) омогућиле су велику разноврсност њене флоре. Висинске вегетацијске појасеве Старе планине чине: храстов појас (од 300–400 m до 1.100–1.200 m), буков појас (од 1.100–1.200 до 1.500–1.550 m), смрчев појас (од 1.500–1.550 m до 1.700–1.800 m), субалпийски појас (од 1.750–1.800 m до 1.900 m) и алпийски појас (изнад 1.900 m) (Иванчевић et al., 2007).

Стару планину одликује изузетна биолошка разноврсност. Према подацима Завода за заштиту природе Србије из 2016. године, на Старој планини препознато је око 1.200 врста и подврста виших биљака, 115 ендемичних врста биљака, преко 100 заштићених и строго заштићених врста, више од 50 врста које се налазе на списку угрожене европске флоре, 52 врсте шумске, жбунасте и зељасте биљне заједнице, око 150 врста птица гнездарица, 30 врста сисара, шест врста водоземаца, 12 врста гмизаваца и 26 врста риба (Мијовић, 2016). Познато је да су на овом подручју присутне и две ендемске врсте, *Cirsium heterotrichum* и *Senecio pancici*, које су биле у фокусу истраживања овог рада.

Cirsium heterotrichum је вишегодишња биљка висока 30–80 cm (Слика 1). Одликује је хоризонталан ризом, на којем су поједине жиле репасто задебљале. Стабљика је усправна, избраздана, једноставна или издељена у једноставне дугачке гранчице, вунасто длакава. Листови су са доње стране паучинасто длакави, са горње стране зелени, по ободу са трепљама и бодљастим зупцима. Листови у доњем делу стабла су ланцетасти, сужени у дршку, а остали према основи сужени и увасти, седећи (Слика 1). Главица има 2–5, дугачке су 22–25 mm и широке 15 mm, скупљене на врху гранчице, седеће. Цветови су ружичасти. (Гајић, 1972). Ова биљка цвета од јула до септембра (Stoyanov, Kitanov, 1966). Представља ендемит планина Балканског полуострва, који расте уз токове у планинском појасу између 1.800 и 2.600 m надморске висине (Stoyanov, Kitanov, 1966).

Слика 1. *Cirsium heterotrichum* (извор: Stoyanov, Kitanov, 1966)

Senecio pancici је вишегодишња зељаста биљка, висине 20–50 cm (Слика 2). Стабљика је усправна и граната. Доњи и приземни листови се налазе у розети, тестерасто су назубљени и дужине 5–9 cm. Горњи листови су линеарни и недељени. Цветови су језичасти, жути у гроњастим цвастима (Сарић, Диклић, 1986). Цвета у периоду од јуна до септембра. Представља балкански ендемит који расте на влажним ливадама и тресетиштима, уз потоке у брдима и планинама, између 1.800 и 2.600 m надморске висине (Stoyanov, Kitanov, 1966).

Слика 2. *Senecio pancici* (извор: Stoyanov, Kitanov, 1966)

Стару планину одликује континентална планинска клима коју карактеришу кратка и свежа лета и дуге и хладне зиме. Зимом се температура ваздуха креће од -1 до -3 °C, а лети је око 15°C. Просечна температура ваздуха износи 5°C.

Према максималној измереној температури ваздуха, октобар 2019. године био је најтоплији од 1951. године, а према средњој тем-

ператури ваздуха четврти најтоплији у том периоду на територији Републике Србије. Узрок томе био је топлотни талас у трајању од 18 дана, који је захватио целу Србију у периоду од 12. до 29. октобра. Исти месец одликовала је и смањена количина падавина, па је то био једанаести најсушнији октобар од 1951. године. Мерења метеоролошке станице Црни врх показала су да је према средњој температури ваздуха ($16,6^{\circ}\text{C}$) то био најтоплији октобар, са најмање облачних дана. Према подацима Републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХМЗ), средња температура ваздуха на Црном врху била је за $1,3^{\circ}\text{C}$ виша у односу на претходни максимум, измерен 1967. године. (РХМЗ, 2020).

Шумски пожар на Старој Планини горео је од 28. октобра до 3. новембра 2019. године, када је угашен, како захваљујући деловању ватрогасне службе тако и захваљујући киши која је почела да пада

Слика 3. Подручје Старе планине захваћено пожаром (аутор: Ђорђевић, 2020)

Према постојећим подацима укупна површина захваћена пожаром (па подручју Парка природе „Стара планина“) износи 2.107 ha. Скоро три четвртине захваћене површине чинили су пашњаци и површине под клеком (1.437 ha), а једна четвртина била је под шумом (670 ha) (Баковић et al., 2020).

Прикупљање узорака земљишта

Узорци земљишта са површина захваћених пожаром и контролних површина, које нису биле захваћене пожаром (Табела 1 и Слика 4), прикупљени су годину дана након пожара. Сврха каснијег прикупљања узорака било је и рекогносцирање терена, у циљу утврђивања присуства јединки наведених ендемичних врста.

Сакупљено је десет узорака земљишта, и то пет узорака са површине захваћене пожаром и пет контролних узорака са површине која није горела. Присуство наведених ендемских врста забележено је на узоркованом подручју неколико месеци пре пожара.

Табела 1. Локације прикупљених узорака

Тачка	Назив	Географска ширина	Географска дужина	Надморска висина
1	Горело 1	43°20'0.58"N	22°47'36.87"E	1.731 m
2	Горело 2	43°19'59.22"N	22°47'33.37"E	1.713 m
3	Горело 3	43°20'2.45"N	22°47'40.41"E	1.730 m
4	Горело 4	43°19'59.53"N	22°47'42.42"E	1.704 m
5	Горело 5	43°19'56.59"N	22°47'38.19"E	1.705 m
6	Негорело 1	43°19'54.66"N	22°47'34.19"E	1.696 m
7	Негорело 2	43°19'53.30"N	22°47'36.11"E	1.701 m
8	Негорело 3	43°19'54.71"N	22°47'41.04"E	1.693 m
9	Негорело 4	43°20'3.12"N	22°47'49.70"E	1.684 m
10	Негорело 5	43°19'55.44"N	22°47'51.00"E	1.656 m

Слика 4. Просторни распоред прикупљених узорака

Узорци су узети на дубини од 10 cm. Просечна маса прикупљених узорака износила је 1,5 kg. Између прикупљања два узорка алат за прикупљање је чишћен, чиме је спречена контаминација узорака. Узорци су паковани у кесе, обележени етикетама и транспортовани у педолошку лабораторију.

Агрохемијске анализе земљишта

За потребе лабораторијских анализа припремљена су два репрезентативна узорка – један репрезентативни узорак горелог и један репрезентативни узорак негорелог земљишта. Добијени су мешањем по 0,2 kg сваког од прикупљених узорака.

Агрохемијска анализа земљишта обухватила је одређивање следећих параметара:

- одређивање текстурног састава земљишта;
- мерење рН вредности (метода: SRPS ISO 10390:2007);
- одређивање садржаја хумуса (%) (метода: UP-1-01-44, волу-метрија);
- одређивање садржаја укупног азота (%) (метода: UP-1-01-44 (рачунски из хумуса);

- одређивање садржаја лакоприступачног фосфора (P_2O_5) mg/100g (метода: UP-1-01-46 (спектрофотометрија);
- одређивање садржаја лакоприступачног калијума (K_2O) mg/100g (метода: UP-1-01-47, пламена фотометрија).

Резултати са дискусијом

Резултати анализе земљишта

Резултати агрохемијске анализе земљишта са горелих и негорелих површина на Старој планини приказани су у Табели 2.

Табела 2. Резултати анализе узорака горелог и негорелог земљишта

Параметар испитивања	Метода испитивања	Горело	Негорело
pH вредност у KCl	SRPS ISO 10390:2007 (Потенциометрија)	4,5	3,8
Садржај хумуса (%)	UP-1 -01 -44 (Волуметрија)	3,74	4,53
*Садржај укупног азота (%)	UP-1-01-44 (Рачунски из хумуса)	0,18	0,22
Садржај лакоприступачног фосфора (P_2O_5) mg/100g	UP-1-01-46 (Спектрофотометрија)	8,81	9,23
Садржај лакоприступачног калијума (K_2O)mg/100g	UP-1-01-47 (Пламена фотометрија)	17,14	28,50

Процес горења условио је значајне промене у физичким својствима земљишта, које се манифестују у промени структуре (која је постала нестабилна). Дошло је до појачаног заскелећивања земљишта, до његовог стврдњавања и смањења водопропусности. Шумски пожар, с обзиром на то да се десио на падини која је строма, негативно је изменио режим површинских вода атмосферског порекла, које су у корелацији са неповољним периодима кише и топљења снега. У таквим условима, у зони контакта ситнозрног покривача и стабилније стенске подлоге, напон смицања се увећавао услед повећане тежине zasiћеног тла, што је могло довести до појаве клизишта. Индиректне последице, услед поремећеног водног, ваздушног и топлотног режима, јесу квалитативне и квантитативне промене педофлоре и педофауне.

Због смањења киселости земљишта услед пожара, рН вредност земљишта је порасла. Такође, услед сагоревања органских материја, у земљишту је смањен садржај хумуса, укупног азота и лакоприступачног фосфора и калијума, што одговара наводима из литературе (Кноерр, Swank, 1995).

Последице шумских пожара по земљиште

Пожари често доводе до нестанка органских материја из земље, што доприноси ослобађању угљеника у атмосферу и појачава глобално отопљавање. Сагоревање дрвне масе такође изазива ослобађање угљен-диоксида у атмосферу (FAO, 2015).

На пожариштима долази до настанка клизишта и разних облика ерозија. Појава пожара често је повезана са количином влажности у горивном материјалу, временским условима и активностима човека. Познавање и праћење узрока, појаве и понашања шумских пожара од изузетне је важности за превентивно деловање и за њихово благовремено и ефикасно гашење.

Пожари мењају морфолошке особине земљишта. У зависности од врсте пожара, покривач може потпуно сагорети, формирајући добро дефинисан пирогени хоризонт, или земљиште може само делимично сагорети, формирајући танак угљенисани слој на површини. Специфични микрорељефи такође доводе до неравномерног сагоревања земљишног покривача.

Од сагоревања настаје лакша компонената чађ, једињење растворљиво у води, и теже компоненте у облику угља и пепела, које услед протока воде могу да мигрирају у алувијалне хоризонте и геохемијски повезану дренажну мрежу. У првим месецима након пожара производи делимичног пирогеног разлагања органских остатака могу прећи у минералне хоризонте. У исто време, микрорељефи могу послужити за релативно брзо обнављање вегетационог покривача (Arroyo et al., 2008).

Шумски пожари поспешују хидрофобизацију и цементацију од пепела и настају јаке органско-минералне везе. Али, истовремено, у земљиштима која су делимично сагорела прекомерна цементација је мање изражена. У старим земљиштима је дијагностиковано неколико закопаних пирогених хоризоната. Те карактеристике су сачуване као морфолошки и аналитички знаци који се задржавају десетинама и стотинама година и одражавају савремену еволуцију земљишта (Dymov et al., 2018).

Ватра у планинским пределима има улогу у постпожарном земљишту, где се повећава накнадна ерозија. Шумски пожари значајно мењају хидротермалне и физичке особине хоризоната горњег слоја земљишта, повећавајући хидрофобност, и тиме доприносе повећању површинског отицања у шумама погођеним пожаром.

Постпирогено земљиште се разликује од природног по бројним физичко-хемијским својствима. У неким случајевима је висок интензитет пожара у великој мери променио киселост. Повећање киселости у минералним хоризонтима јавља се непосредно после пожара. Смањење свих облика киселости у органским хоризонтима настаје упијањем земље годину дана после пожара, где пепео и угаљ имају значајну улогу на неутрализацију киселости. На хемијска својства земљишта пожари делују мање деструктивно. Промене се у хемијском погледу могу пре свега огледати у губитку хумуса, као и повећању садржаја тешких метала. Сагоревањем органске материје са површине земљишта настаје велика количина пепела и минералних материја, које се лако испирају и чине земљиште сиромашним (Kokaly et al., 2007).

Пожари одређују морфолошка својства тла (формирање пирогених хоризоната, карбонизација земљишта, настанак дрвеног угља). Пирогена земљишта карактеришу нижа киселост и површинска хидрофобизација горњих минералних хоризоната. Пирогена тла су обogaћена ароматичним полицикличним угљоводоникима и долази до смањења садржаја органских једињења растворљивих у води (Dymov et al., 2018).

На истраживаном подручју јављају се земљишта која се по генетско-еволюционој основи могу сврстати у две серије: земљишта развијена на киселим, силикатним стенама и земљишта која су развијају на базним, карбонатним стенама. Она су плитка, песковита, скелетоидна и релативно сиромашна хумусом, што је најчешће и карактеристика планинских земљишта. Генерално, могу се издвојити следећи типови земљишта: планинске црнице, смеђа земљишта на кречњаку, кисела смеђа земљишта, као и алувијална земљишта различитог степена развијености (Васић, 1992).

Према подацима из доступне литературе, шумски пожари имају велики утицај на земљиште. Вредност рН земљишта на пожариштима је већа него ван пожаришта, јер су након пожара уништене киселине органске фракције земљишта. Садржај тешких ме-

тала, бакра и цинка код неких биљака је већи на пожаришту, а код других на неопожареним површинама, што зависи од тога у којој мери биљка преко кореновог система усваја одређени метал из земљишта. Квантитативни садржај тешких метала, који је углавном увећан на пожаришту, повлачи са собом и повећање садржаја органских киселина. Биљке се различито прилагођавају измењеним условима после пожара (Danhelovsky, 1878).

Резултати рекогносцирања терена

Шумски пожари доводе до нарушавања законитости екосистема, што условљава квантитативне и квалитативне промене физичких и биолошких компонената животне средине, као што су вода, ваздух, земљиште и храна. То угрожава многе заштићене биљне и животињске врсте, као и њихова станишта (Живковић, 2018).

Прве године након пожара није уочен раст ендемских врста које су раније идентификоване на овој локацији. Претпоставља се да је исушивање тла узроковано пожаром створило непогодне услове за раст и развој тих биљних врста, с обзиром да њима погодује тресетно тло са високим садржајем воде. Аутори ће током предвиђеног периода цветања *Cirsium heterotrichum* и *Senecio panicci*, односно у периоду од јула до септембра 2021, обилазити ову локацију и пратити стање и појаву ендемских биљних врста.

Закључак

Шумски пожари могу довести до потпуног уништења шума. Климатске промене повећавају опасност од појаве и ширења шумских пожара, па ће у будућности овакве појаве бити све чешће.

Резултати овог прелиминарног истраживања стања земљишта и присуства ендемичних врста на опожареним површинама Старе планине показали су негативан утицај шумског пожара и неопходност даљих истраживања како би се утврдио степен угрожености станишта посматраних врста. Планирано рекогносцирање терена током периода цветања две ендемичне врсте на опожареној површини пружиће детаљан увид у стање популација и могућности обнове станишта.

Јачање капацитета за управљање Парком природе „Стара планина“, као и јединица за ванредне ситуације, ватрогасних служби и локалне заједнице, те свест о значају очувања ендемских врста након природних непогода и/или антропогених хазарда, допринеће бољем приступу приликом гашења самог пожара, али и касније, током обнове станишта.

Литература

1. Aleksić, P., Jančić, G. (2010). *Forest fires and climate changes*. Proceedings from International Scientific Conference, Belgrade, pp: 191–197.
2. Aleksić, P., Krstić, M., Jančić, G. (2009). Forest fires – ecological and economic problem in Serbia, *Botanica Serbica*, 33(2): 169–176.
3. Arroyo, L., Pascual, C., Manzanera, J. A. (2008). Fire models and methods to map fuel types: The role of remote sensing. *Forest Ecology and Management*, 256: 1239–1252.
4. Baković, Z., Čaldović, G., Kazimirović, M., Vasić, V. (2020). Šumski požar na Staroj planini 2019. godine – ekološke i ekonomske štete na površinama kojima gazduje JP „Srbijašume“, EMAN 2020 Conference Proceedings, *The 4th Conference on Economics and Management* (490–498), Belgrade: Association of Economists and Managers of the Balkans.
5. Danhelovsky, A. (1878). Četiri godine posle požara šume. *Šumarski list*, II(4): 219–225.
6. Dymov, A. A., Abakumov, E. V., Bezkorovaynaya, I. N., Prokushkin, A. S., Kuzyakov, Ya. V., Milanovsky, E. Yu. (2018). Impact of forest fire on soil properties (review). *Theoretical and Applied Ecology*. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2018-4-013-023>
7. FAO (2015). Global forest resources assessment. Food and Agriculture Organization, Rome, pp. 244.
8. Гајић, М. (1972). *Sedum* L, У: Јосифовић, М. (ed.): *Флора СР Србије IV* – САНУ. Београд. 221–267.
9. Иванчевић, Б., Савић, С., Сабовљевић, М., Никетић, М., Златковић, Б., Томовић, Б. (2007). *Биодиверзитет Старе планине у Србији*, Резултати пројекта „Прекогранична сарадња кроз управљање заједничким природним ресурсима – Промоција умрежавања и сарадње између земаља Југоисточне Европе“.

10. Knoepp, J. D., Swank, W. T. (1995). Comparison of available soil nitrogen assays in control and burned forest sites. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 59: 1750–1754.
11. Kokaly, R., Rockwell, B., Haire, S., King, T. V. (2007). Characterization of post-fire surface cover, soils, and burn severity at the Cerro Grande Fire, New Mexico, using hyperspectral and multispectral remote sensing. *Remote Sensing Environ.* 106, 305–325.
12. Мијовић, Д. (2016). Парк природе Стара планина, Завод за заштиту природе Србије, Пирот.
13. РХМЗ (Републички хидрометеоролошки завод Србије) (2020). Годишњи билтен за Србију 2019. година, Републички хидрометеоролошки завод Србије, Одељење за мониторинг климе и климатске прогнозе, Сектор Националног центра за климатске промене, развој климатских модела и оцену ризика елементарних непогода, Београд, 14. јануар 2020.
14. Сарих, М., Диклић, Н. (ур.) (1986). Флора СР Србије, 10. Српска академија наука и уметности, Београд.
15. Stoyanov, N., Kitanov, B. (1966). *Alpine plants in Bulgaria*. Science and art, Sofia.
16. Васић, М. (1992). Шумски пожари. Приручник за шумарске инжењере и техничаре, Јавно предузеће за газдовање шумама Србијашуме, Шумарски факултет, Београд.
17. Вукићевић, Е. (1965). *Сукцесија вегетације и природно обнављање шума на шумским пожариштима у Србији*, Београд, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, докторска дисертација.
18. Живковић, Ј. (2018). *Утицај шумских пожара на природне екосистеме области Висок*. Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду, магистарска теза.

Consequences of Forest Fire on Soil and Endemic Species Populations of Stara Planina

Abstract: *Environmental safety recognizes forest fires as a very challenging risk, which is becoming even more relevant in the light of climate changes. Forest fires in mountainous areas, which are difficult to access and the local community does not have adequate means to control and extinguish, are one of the most challenging categories of environmental risk. The fire that affected the area of the Nature Park Stara planina, in the period from October 28 to November 3, 2019, spread to over 2100 hectares and devastated the habitats of endemic plant species *Cirsium heterotrichum* and *Senecio pancici*. The goal of this work is to investigate the changes in the agrochemical characteristics of the land affected by the fire, as well as to conduct a field survey in order to establish the degree of renewal of endemic species populations one year after the forest fire.*

Keywords: *fire area, endemics, Stara planina, consequences*