

PRIMENA GIS-A U ODREĐIVANJU POTENCIJALNE PODLOŽNOSTI PROSTORA OPŠTINE MALI ZVORNIK ŠUMSKIM POŽARIMA

Apstrakt: Predmet istraživanja je teritorija opštine Mali Zvornik i analiza potencijalne podložnosti istraživanog prostora šumskim požarima. Cilj istraživanja je identifikacija potencijalno najpodložnijih lokacija za nastanak šumskih požara. Istraživanjem je obuhvaćeno područje površine 181.72 km², odnosno administrativna teritorija opštine Mali Zvornik, smeštena u srednjem Podrinju. Analizom prirodno-antropogenih uslova opštine Mali Zvornik, primenom indeksa podložnosti nastanku šumskih požara (RC), koji u obzir uzima indekse tipa vegetacije (V_T), nagiba (S), ekspozicije (A), udaljenosti od puteva (D_R) i naselja (D_S), u kombinaciji sa modernim metodama u geoprostornim istraživanjima (GIS), određena je predisponiranost terena za nastanak šumskih požara. Sprovedenom analizom utvrđeno je da 16.17% predmetne teritorije pripada klasi vrlo visoke podložnosti, a 51.82% pripada klasi visoke podložnosti za nastanak šumskih požara.

Ključne reči: šumski požari, ugroženost požarima, RC indeks, Mali Zvornik, GIS

Uvod

Požar je proces nekontrolisanog sagorevanja kojim se ugrožavaju život i zdravlje ljudi, materijalna dobra i životna sredina (Zakon o zaštiti od požara ("Sl. glasnik RS", br. 111/2009, 20/2015, 87/2018 i 87/2018 - dr. zakoni)). Požari predstavljaju prirodno-antropogenu nepogodu i mogu nastati delovanjem prirodnih uticaja, ali su najčešće inicirani antropogenim faktorom (kod šumskih požara taj procenat je čak 97%, a manje od 3% izazivaju prirodni uticaji) (Dragičević, Filipović, 2009). Šumski požari, koji predstavljaju nekontrolisano i stihijsko kretanje vatre po šumskoj površini, svrstani su u kategoriju prirodnih katastrofa i predstavljaju veliku opasnost za šumska zemljišta i šume pri čemu mogu biti ugroženi i objekti i ljudi.

Šumski požar nastaje kao rezultat fizičko-hemijskih procesa kada se gorivi materijal, toplotni izvor i vazduh nađu zajedno u neophodnoj kombinaciji da obezbede gorenje, tzv. „požarni trougao“ (Vasić, 1992). Na nastanak šumskih požara utiču brojni faktori, koji svojim karakteristikama povećavaju ili smanjuju osetljivost šuma na požare. Neki od njih su: geološka podloga, tip zemljišta, reljefne karakteristike (nadmorska visina, nagib, ekspozicija), klimatske karakteristike (temperature vazduha, količina padavina, vlažnost vazduha, vetar), gorivi material i izloženost šume uticaju čoveka (Dragičević, Filipović, 2009).

Šumski požari se mogu javiti tokom cele godine, ali se izdvajaju tri kritična perioda: mart-april, jul-avgust, septembar-oktobar (Živojinović, Grujić, 1982). Prema mestu nastanka, šumski požari se mogu podeliti na podzemne (požari zemljišta), prizemni (niski požari) i visoki (požari krošnja).

Šumski požari su pored bujičnih poplava jedan od najčešćih vidova prirodnih katastrofa koje pogađaju brdsko-planinsko područje Srbije, posebno u njenom centralnom, zapadnom i istočnom delu. Stoga, ovo istraživanje se bavi ispitivanjem podložnosti terena opštine Mali Zvornik za nastanak požara. Šumsko zemljište u ukupnoj površini Malog Zvornika učestvuje sa više od 65%. Najzastupljenije su šume jove, graba, cera, lipe, jasena, breze, jasike, bukve i bagrema, kao i veštački podignute sastojine lišćara i četinarara. U periodu od 2001. do 2011. registrovano je 194, a u periodu naredne 3 godine (2012-2014.) 87 šumskih požara (Grupa autora, 2015). S obzirom na rasprostranjenost šumskog pokrivača i učestalost pojave šumskih požara, teritorija opštine Mali Zvornik smatra se potencijalno ugroženom.

Geografski informacioni sistem (GIS) je jedan od najkompleksnijih informacionih sistema, koji obuhvata sve elemente geoprostora, elemente i komponente životne sredine koji se primenjuju za analiziranje i prikazivanje geografskih i prostornih pojava koje postoje na Zemlji ili se mogu desiti (Indić i dr., 2013). Prikupljanjem podataka o određenom prostoru, njihovom obradom i analizom, uz primenu Geografskih informacionih sistema, uspešno se mogu identifikovati područja potencijalne osetljivosti i ugroženosti u pogledu nastanka šumskih požara, može se sprovesti računarsko modelovanje i simulacija širenja šumskih požara, što predstavlja početni korak u upravljanju rizikom od šumskih požara.

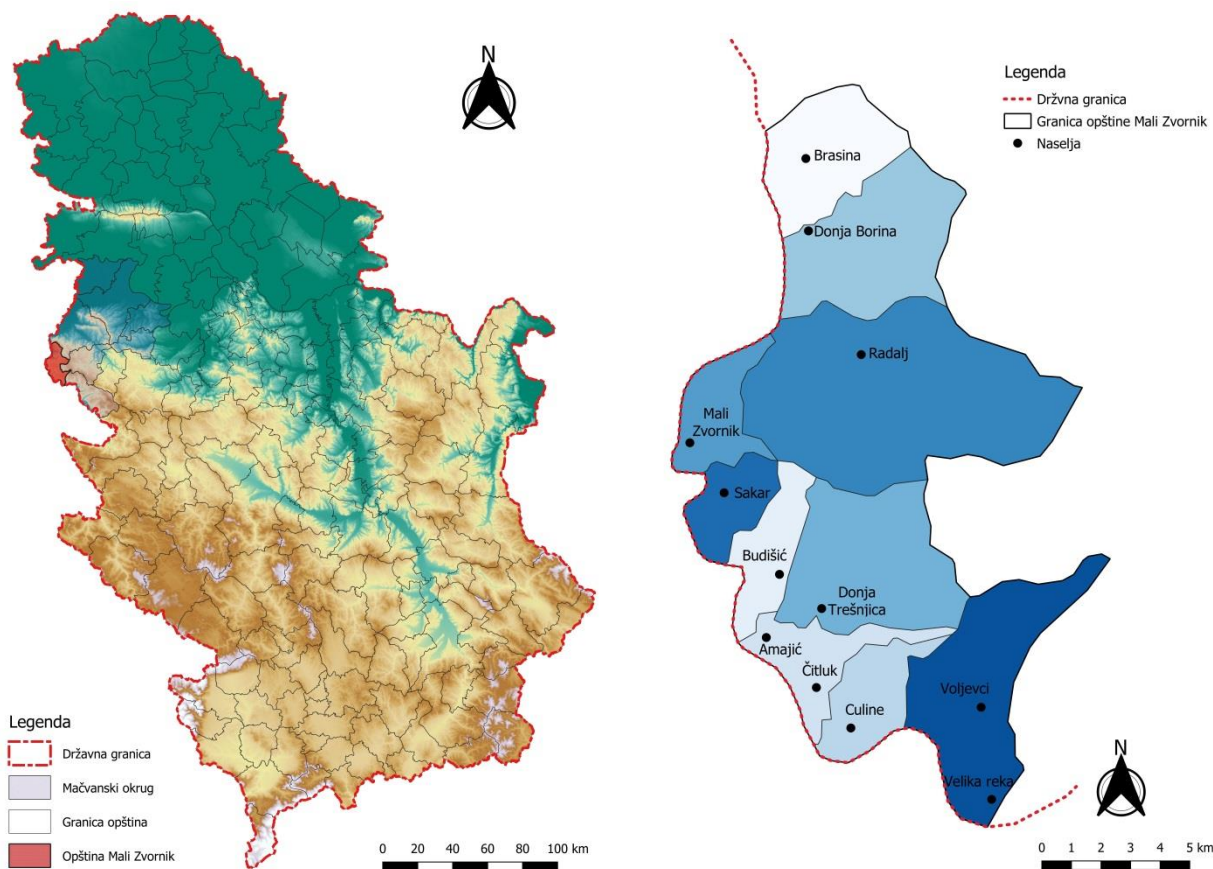
Prostor istraživanja

Opština Mali Zvornik nalazi se u srednjem Podrinju, u sastavu Mačvanskog okruga, pripada regionu Šumadije i zapadne Srbije i spada u pogranična područja. Graniči se sa Bosnom i Hercegovinom na zapadu i jugo-zapadu, na severu i severo-zapadu sa opštinom Loznica, na istoku sa opštinom Krupanj, na jugo-istoku sa opštinom Ljubovija (slika br.1).

Prostire se od na istoku $19^{\circ} 17' 34,063''$ do na zapadu $19^{\circ} 06' 28,179''$ geografske dužine i od na severu $44^{\circ} 29' 10,687''$ do na jugu $44^{\circ} 15' 39,371''$ geografske širine. Opština ima površinu od 181.72 km^2 , obuhvata 10 katastarskih opština i 12 naselja. Dužina granice iznosi 82,1 km. Sedište opštine je Mali Zvornik, koji ima 4407 stanovnika i predstavlja administrativni, privredni i kulturni centar opštine. Naselje Mali Zvornik je gradskog tipa, dok su ostala seoska, razbijenog tipa. Većina naselja se nalazi uz reku Drinu, a ostala uglavnom uz njene pritoke. Naselja sa najvećim brojem stanovnika su: Mali Zvornik, Radalj, Donja Borina i Brasina. Opština Mali Zvornik ima ukupno 12482 stanovnika.

Opština se pruža duž magistralne saobraćajnice Beograd – Bajina Bašta, koja predstavlja glavni komunikacijski pravac Zapadne Srbije. Preko Užica ova saobraćajnica je povezana sa Jadranskom magistralom. Ovim magistralnim putem opština je povezana sa svim većim gradskim centrima u Republici: Loznicom koja je udaljena 26 km, Ljubovijom udaljenom 43 km, dok je od Šapca koji je administrativni centar okruga, udaljena 81 km (Grupa autora, 2015).

Reljef na teritoriji opštine Mali Zvornik je brdsko-planinski, nadmorske visine se kreću od 127 do 856 m.n.v. Srednja nadmorska visina iznosi 379 m.n.v. Najviša tačka opštine je Crni vrh na planini Boranja, a najniža tačka nalazi se na severo-zapadnom delu opštine uz reku Drinu. Srednji nagib terena iznosi 13.48° . Najveće reke koje prolaze kroz teritoriju opštine su Drina, reka Radalj, Borinska, Broranjaska, Velika reka i Mala reka. Opština Mali Zvornik bogata je šumskim resursima (65,83% ukupne površine). Najzastupljenija listopadna vrsta je bukva (*Fagus*). Drvenasto-žbunasta vegetacija, koja obuhvata 3.76% ukupne površine, uz listopadne šume predstavlja vrstu vegetacije koja je pogotovo položna požarima.



Slika br. 1 - Karta geografskog položaja opštine Mali Zvornik

Materijal i metode

Predmet istraživanja je teritorija opštine Mali Zvornik i analiza potencijalne podložnosti istraživanog prostora šumskim požarima. Cilj istraživanja je identifikacija potencijalno najpodložnijih lokacija na nastanak šumskih požara. Istraživanjem je obuhvaćeno područje površine 181.72 km², odnosno područje opštine Mali Zvornik. Analiza je sprovedena primenom Indeksa podložnosti nastanka šumskih požara (Forest Fires Susceptibility Index - RC) i GIS softvera (QGIS 3.8). Da bi se dobili efikasni i precizni rezultati, formirana je matematička formula koja je inkorporirana u GIS softver. Ulazne informacije o faktorima koji utiču na izazivanje šumskih požara razlikuju se prema težini svog uticaja na izazivanje požara. Faktori su analizirani prema sledećem rasporedu važnosti: tip vegetacije, nagib, ekspozicija, udaljenost od puteva i naselja (Erten et al., 2004).

Za određivanje podložnosti nastanka šumskih požara korišćena je formula (Erten et al., 2004):

$$RC = 7V_T + 5 * (S + A) + 3 * (D_R + D_S)$$

gde je RC – indeks položnosti nastanku šumskih požara; V_T - indeks tipa vegetacije; S – indeks nagiba terena; A – indeks ekspozicije terena, D_R – indeks udaljenosti od saobraćajnica i D_S –

indeks udaljenosti od naselja i izgrađenih objekata. Svakom od indeksa dodeljena je vrednost od 1 (vrlo niska podložnost) do 5 (vrlo visoka podložnost) (tabela br.1).

Tabela br. 1 – Klase pojedinačnih indeksa potrebnih za izračunavanje indeksa podložnosti nastanku šumskih požara

Klasa podložnosti	Vrednost	Tip vegetacije i način korišćenja zemljišta	Nagib (°)	Ekspozicija	Udaljenost od saobraćajnica (m)	Udaljenost od naselja i objekata (m)
Vrlo visoka	5	Drvenasto-žbunasta vegetacija	> 35	S	< 100	< 150
Visoka	4	Listopadne šume	25 - 35	SW, SE	100 - 200	150 - 300
Srednja	3	Livade, kompleks obradivih površina, poljoprivredne površine sa prirodnom vegetacijom, prirodni travnjak	10 - 25	W, E	200 - 300	300 - 450
Niska	2	Oranice van sistema za navodnjavanje, rastureno izgrađeni tereni, površinski kopovi	5 - 10	NW, NE, neekspozirano	300 - 400	450 - 600
Vrlo niska	1	Tekuće i stajaće vode, močvare	< 5	N	> 400	> 600

Podaci o indeksu tipa vegetacije dobijeni su na osnovu Corine Land Cover (2018) digitalne baze podataka. Izdvojena su područja prema tipu vegetacije koja je na njima zastupljena i dodeljene su im vrednosti od 1 do 5. Podložnost vodenih površina i močvara je vrlo niska, jer tu ne može doći do pojave požara. Jedan od najvažnijih faktora koji utiču na nastanak i razvoj šumskih požara je gorivi materijal koji potiče od biljaka i biljnih delova (Živković, 2018). Šumu sačinjavaju različite vrste šumskog drveća koje pripadaju dvema grupama: lišćari i četinari. Između ove dve grupe postoji velika razlika u pogledu osetljivosti na paljenje i gorenje. Generalno posmatrano, četinarsko drveće je znatno osetljivije na paljenje i gorenje od listopadnih, pošto u sebi sadrži više lakozapaljivih i bezosagorivih materija, kao što su smole i eterična ulja (Dragičević, Filipović, 2009). Stoga je listopadnim šumama dodeljena vrednost 4. Drvenasto-žbunasta vegetacija podrazumeva sklop vegetacije sastavljen od prelaznog šumskog grmlja, šiblja, travne vegetacije, zeljastih biljaka i mestimičnim pojavama odraslog drveća. Takav tip vegetacije obično se odlikuje smanjenom količinom vlage u nadzemnim delovima biljaka. S obzirom da se drveće (krošnje) javljaju mestimično, vegetacioni pokrivač i zemljište je otvoreno i direktno izloženo sunčevom zračenju, zbog čega je ovaj tip vegetacije podložniji požaru i dodeljena mu je vrednost 5.

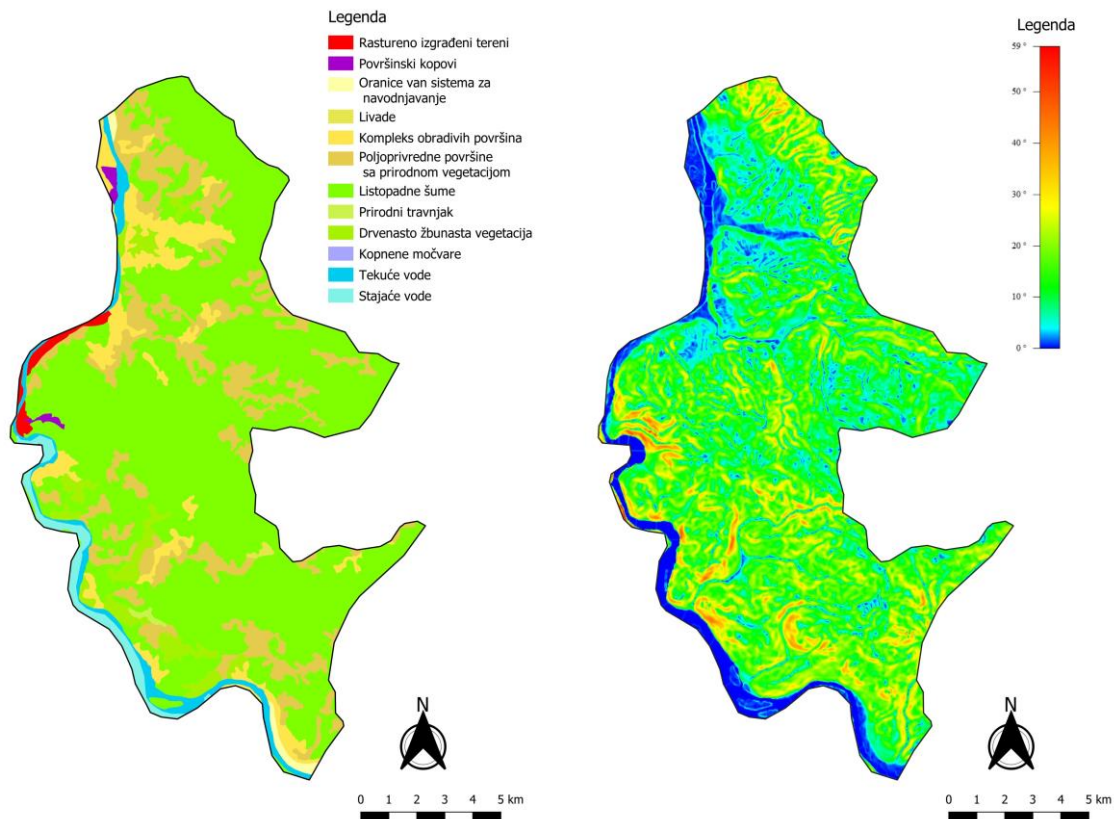
Podaci o indeksu nagiba i indeksu ekspozicije dobijeni su korišćenjem digitalnog modela visina (engl. Digital Elevation Model, DEM) rezolucije 25 x 25 m. Pored posrednog i neposrednog uticaja na lokalnu klimu, suvoću i vlažnost zemljišta i vegetaciju, nagib terena utiče i na intenzitet, pravac i brzinu širenja požara. Požar se znatno brže kreće uz nagib, nego niz nagib

terena. Što je padina strmija to je širenje vatre brže i do četiri puta u odnosu na ravnicu (Dragičević, Filipović, 2009). Nagib terena, izražen u stepenima, podeljen je u 5 klasa, pri čemu veći nagibi imaju veću podložnost nastanku šumskih požara, samim tim im je dodeljena veća vrednost. Izloženost Sunčevoj radijaciji, pored nagiba, zavisi i od eksponiranosti terena. Najveću količinu Sunčeve radijacije na datom prostoru primaju južno eksponirane površine. Na južno eksponiranim zeljištima, gde duže traje Sunčeva radijacija i ima više toplote, rastu vrste drveća koje formiraju svetle heliofitne šume, jako osetljive na požar. Nasuprot tome, najnepovoljnije uslove za prijem Sunčeve toplote imaju veliki nagibi severne ekspozicije, pri čemu je podložnost takvih terena za nastanak požara vrlo niska. Na severnim ekspozicijama vlažnost je veća nego na južnim (Dragičević, Filipović, 2009).

S obzirom da su požari često izazvani antropogenim uticajima, podložnost zavisi i od položaja šuma u odnosu na raspored naseljenih mesta i mrežu saobraćajnica. Indeksi udaljenosti od saobraćajnica i naselja dobijeni su digitalizacijom odgovarajućih sadržaja sa satelitskih snimaka i topografskih karata. Oko saobraćajnica i naselja utvrđene su zone podložnosti požarima, pri čemu se sa udaljavanjem od saobraćajnica i naselja podložnost smanjuje, jer se sa udaljavanjem sanjuje izloženost površina dejstvu čoveka.

Rezultati i diskusija

Drvenasto-žbunasta vegetacija, vrlo visoke podložnosti, prisutna je na 3.73%, a listopadne šume visoke podložnosti prisutne su na 65.83% teritorije opštine (slika br.2-a). Kada je u pitanju nagib, 55.37% teritorije je srednje položno za nastanak šumskih požara, to su tereni sa nagibima od 10 do 25°. Tereni vrlo visoke podložnosti, nagiba preko 35° obuhvataju 1.13% teritorije (slika br.2–b). Južno eksponirani tereni, vrlo visoke podložnosti obuhvataju 13.5%, a tereni visoke podložnosti (jugo-zapadno i jugo-istočno eksponirani) obuhvataju 27.38% ukupne teritorije. Severno eksponirane površine vrlo niske podložnosti rasprostranjene su na 12.21% teritorije (slika br.3–a). U pogledu udaljenosti od puteva, tereni vrlo visoke podložnosti, udaljeni do 100 m od saobraćajnica, obuhvataju 66.81% teritorije. Tereni udaljeni od 100 do 200 m, visoke podložnosti, zauzimaju 25.1% teritorije (slika br.3–b). Tereni vrlo visoke podložnosti udaljeni do 150 m od naselja i objekata obuhvataju 41.35% teritorije, a tereni visoke podložnosti, udaljeni od 150 do 300 m zauzimaju 25.09% ukupne teritorije opštine Mali Zvornik (slika br.4).

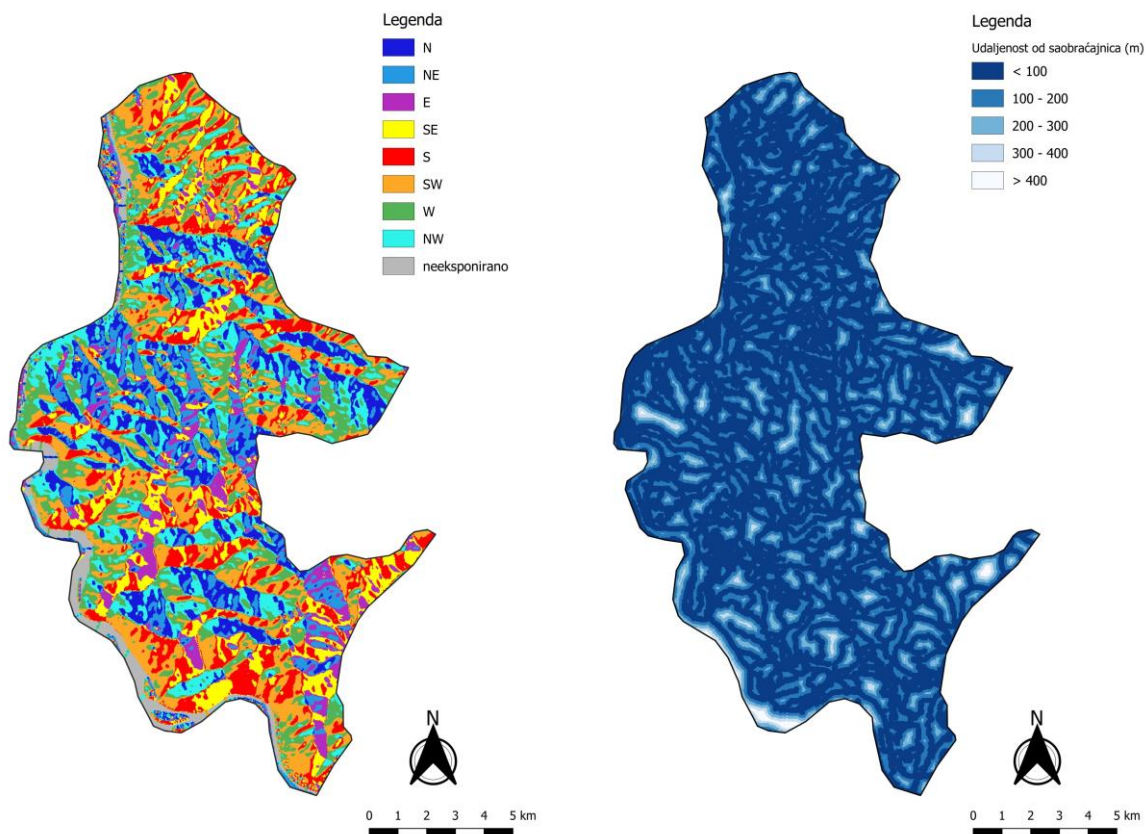


Slika br. 2 – (a) Karta vegetacije i načina korišćenja zemljišta, (b) Karta nagiba terena

Tabela br. 2 – Tip vegetacije i način korišćenja zemljišta; Tabela br. 3 - Nagib terena

Tip vegetacije i način korišćenja zemljišta		Površina (km ²)	% u ukupnoj površini
112	Rastureno izgrađeni tereni	1.48	0.81
131	Površinski kopovi	0.67	0.37
211	Oranice van sistema za navodnjavanje	1.02	0.56
231	Livade	0.25	0.14
242	Kompleks obradivih površina	13.3	7.32
243	Poljoprivredne površine sa prirodnom vegetacijom	28.93	15.92
311	Listopadne šume	119.62	65.83
321	Prirodni travnjak	0.31	0.17
324	Drvenasto-žbunasta vegetacija	6.84	3.76
411	Kopnene močvare	0.02	0.01
511	Tekuće vode	5.55	3.05
512	Stajaće vode	3.72	2.05

Nagib (°)	Površina (km ²)	% u ukupnoj površini
< 5	27.83	15.31
5 - 10	37.60	20.69
10 - 25	100.61	55.37
25 - 35	13.62	7.49
> 35	2.05	1.13

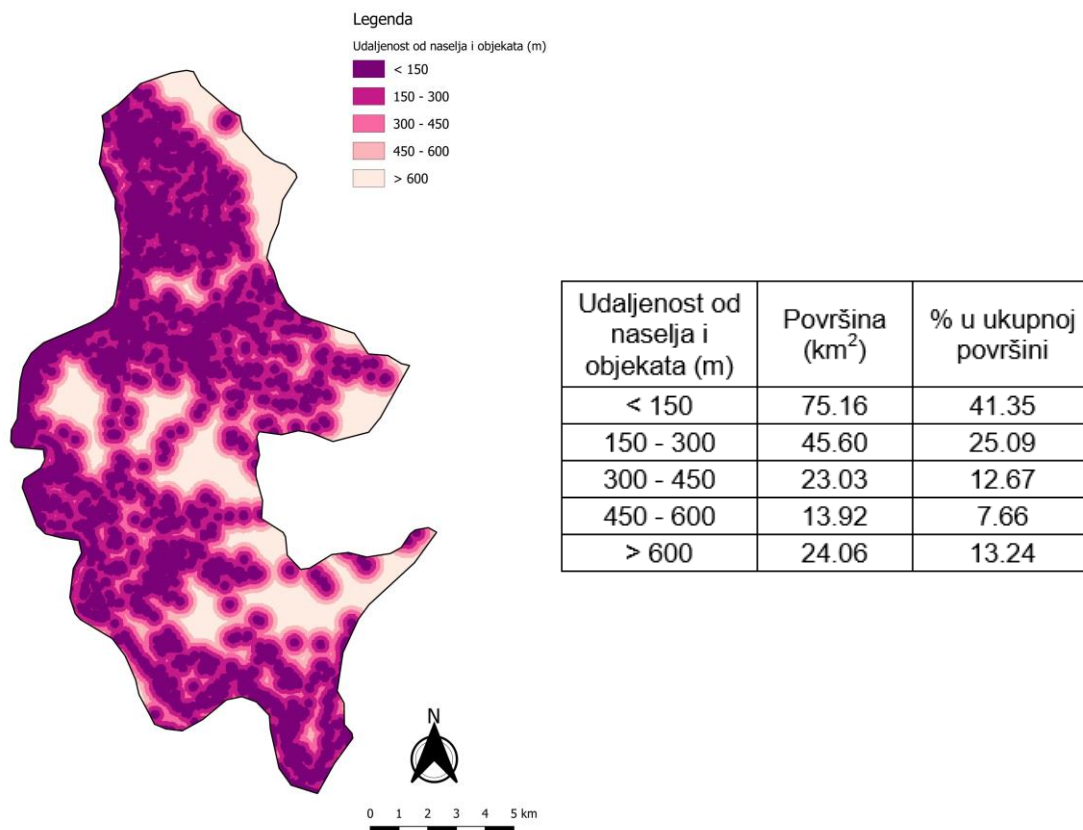


Slika br. 3 – (a) Karta ekspozicije terena, (b) Karta udaljenosti od saobraćajnica

Tabela br. 4 – Ekspozicija terena; Tabela br. 5 – Udaljenost od saobraćajnica

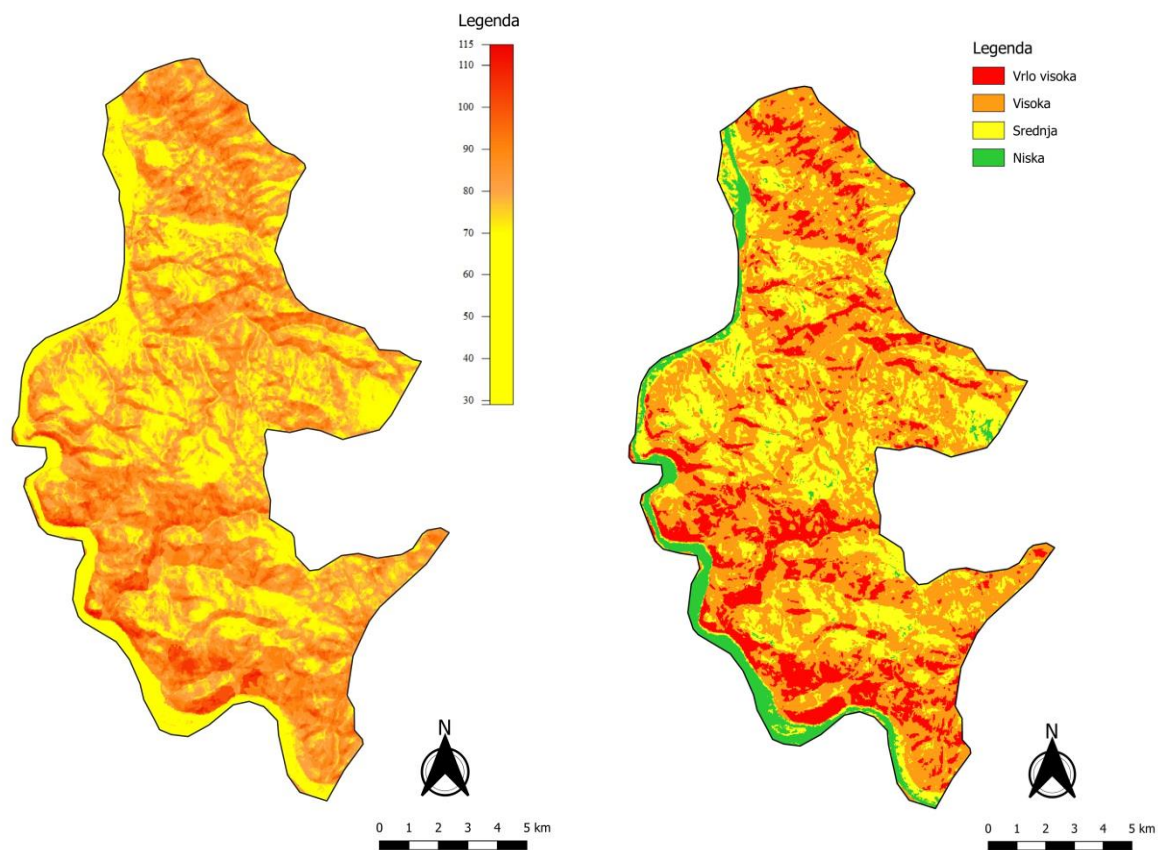
Strana sveta	Površina (km ²)	% u ukupnoj površini
N	22.19	12.21
NE	14.38	7.91
E	11.51	6.33
SE	17.06	9.39
S	24.53	13.50
SW	32.69	17.99
W	28.53	15.70
NW	25.42	13.99
neeksponirano	5.41	2.98

Udaljenost od saobraćajnica (m)	Površina (km ²)	% u ukupnoj površini
< 100	121.45	66.81
100 - 200	45.64	25.11
200 - 300	11.97	6.58
300 - 400	2.16	1.19
> 400	0.56	0.31



Slika br. 4 – Karta udaljenosti od naselja i objekata; Tabela br. 6 - Udaljenost od naselja i objekata

Nakon prikupljanja podataka i izrade tematskih karata za indeks tipa vegetacije, nagiba terena, ekspozicije, udaljenosti od saobraćajnica, naselja i izgrađenih objekata, njihove vrednosti ubačene su u formulu za određivanje indeksa položnosti nastanka šumskih požara (RC). Potom su izračunate vrednosti pomenutog indeksa za teritoriju opštine Mali Zvornik. Dobijene vrednosti indeksa kreću se od 29 do 115. Prostorna distribucija vrednosti indeksa prikazana je na slici br.5-a. Srednja vrednost indeksa na teritoriji opštine iznosi 78.38. Vrednosti indeksa su potom klasifikovane u 4 klase podložnosti terena (slika br.5-b). Klasa niske podložnosti pretežno je zastupljena duž toka reke Drine i na prostoru Zvorničkog jezera. Tereni vrlo visoke podložnosti obuhvataju 16.17% (29.38 km²) ukupne teritorije opštine. Klasa vrlo visoke podložnosti najzastupljenija je na teritoriji katastarskih opština Donja Trešnjica (5.54 km²), Radalj (5.04 km²) i Velika reka (4.48 km²). Najmanje terena sa vrlo visokom podložnošću nalazi se na teritoriji katastarske opštine Mali Zvornik (0.77 km²). Najveća srednja vrednost indeksa RC zabeležena je na području katastarske opštine Donja Trešnjica, što ujedno predstavlja deo opštine koji je najpodložniji izbijanju šumskih požara.



Slika br. 5 – (a) Karta prostornog rasporeda RC indeksa, (b) Karta klasa podložnosti šumskim požarima

Tabela br. 7 – Klase podložnosti terena šumskim požarima

Klasa podložnosti	Površina (km ²)	% u ukupnoj površini
Vrlo visoka	29.38	16.17
Visoka	94.19	51.82
Srednja	47.81	26.30
Niska	10.38	5.71

Zaključak

Analizom prirodno-antropogenih uslova opštine Mali Zvornik i primenom RC indeksa, koji u obzir uzima indekse tipa vegetacije, nagiba, ekspozicije, udaljenosti od puteva i naselja, određena je predisponiranost terena za nastanak šumskih požara. Istraživanjem je obuhvaćeno područje površine 181.72 km². Na osnovu klasifikacije vrednosti RC indeksa dobijene su 4 klase podložnosti (vrlo visoka, visoka, srednja i niska), pri čemu tereni vrlo visoke podložnosti obuhvataju 16.17%, dok oni sa visokom podložnošću zauzimaju 51.82% ukupne teritorije. Prema dobijenim rezultatima može se zaključiti da je 67.99% teritorije opštine Mali Zvornik izuzetno podložno razvoju šumskih požara, te da je rizik od izbijanja požara na tim lokacijama

najveći. To su pretežno tereni velikih nagiba gde dominira drvenasto-žbunasta vegetacija i listopadne šume.

Prikupljanjem podataka o određenom prostoru, njihovom obradom i analizom, uz primenu GIS-a, uspešno se mogu identifikovati područja potencijalne osetljivosti i ugroženosti u pogledu nastanka šumskih požara. Identifikacija takvih područja može biti izuzetno značajna u različitim oblastima upravljanja šumskim zemljištem. Potencijalno ugrožena područja se mogu dalje analizirati i u skladu sa tim uspostaviti preventivne mere zaštite koje imaju za cilj sprečavanje pojave i širenja požara. Takođe, mogu se unaprediti i poboljšati operativne mere za brzo suzbijanje požara, ukoliko do njega dođe.

Literatura

Vasić, M.(1992). *Šumski požari-priručnik za šumarske inženjere i tehničare*. Beograd: Javno preduzeće za gazdovanje šumama Srbija-šume, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet. pp. 7-105.

Dragičević, S., Filipović, D. (2009). *Prirodni uslovi i nepogode u planiranju i zaštiti prostora*. Beograd: Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet.

Erten E., Kurgun V., Musaoglu N. (2004): *Forest Fire Risk Zone Mapping from Satellite Imagery and GIS – a Case Study*. Proceedings of the XXth Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, pp. 222-230, Istanbul, Turkey.

Živojinović, D, Grujuć, D. (1982). *Šumski požari u Jugoslaviji – Stanje i analiza pojava požara od 1955. Do 1981.godine*. Šumarstvo, br 2-3, str.3-18.

Živković, J. (2018). *Uticaj šumskih požara na prirodne ekosisteme oblasti visok*. Master rad. Niš: Univerzitet u Nišu - Fakultet zaštite na radu.

Zakon o zaštiti od požara ("Sl. glasnik RS", br. 111/2009, 20/2015, 87/2018 i 87/2018 - dr. zakoni).

Indić D., Terzić M., Ivanković N. (2013). *Informacioni sistemi u upravljanju rizicima u životnoj sredini*, Vojnotehnički glasnik, vol. 61, br. 1.

Grupa autora, (2015). *Plan upravljanja rizikom od prirodnog hazarda za opštine Mali Zvornik i Ljubovija*. Beograd, Mali Zvornik: Unija ekologa UNEKO, EkoDrina Mali Zvornik.

Izvori podataka:

European Environment Agency. (2018). Corine Land Cover 2018, preuzeto sa: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>

European Environment Agency. (2018). EU-DEM, preuzeto sa: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem>

Topografska karta – Zvornik 1, razmer: 1:50 000, Vojnogeografski institut – Beograd 1982.godina.

Topografska karta – Zvornik , razmer: 1:50 000, Vojnogeografski institut – Beograd 1982.godina.