

Original scientific paper

UDC [007:912]:004]:614.84(497.11)  
<https://doi.org/10.2298/GSGD2301279J>

Received: February 17, 2023

Corrected: March 16, 2023

Accepted: March 20, 2023

**Dušica Jovanović<sup>1</sup>\*, Sanja Stojković\***

\* *University of Belgrade, Faculty of Geography, Belgrade, Serbia*

## **GIS ANALYSIS OF THE FOREST FIRE OCCURRENCE POSSIBILITIES AND THEIR IMPACT ON TOURISM OFFER OF THE SOKOBANJA MUNICIPALITY**

**Abstract:** The tourism sector, which is a significant driver of economic development, is particularly vulnerable to the risks of forest fires. Forest fires are a natural disaster that can have enormous consequences for tourism. This paper analyses the possibility of forest fires occurrence and their impact on tourist facilities in the Sokobanja municipality. Forest fires can occur naturally or as a result of anthropogenic impact. For the purposes of this analysis data about land cover, relief characteristics (slope and aspect) and distance from roads and settlements were used and processed in GIS environment (open source software "QGIS"). Based on the forest fire susceptibility index, areas with different degrees of endangerment were identified, which were then overlapped with the locations of tourist facilities. The applied methodology can be used except for the identification of endangered areas and the prediction of the degree of danger to the tourist offer and for the planning of appropriate prevention measures.

**Key words:** natural hazard, forest fires, GIS, tourism offer

---

<sup>1</sup> [dusica.jovanovic@gef.bg.ac.rs](mailto:dusica.jovanovic@gef.bg.ac.rs) (corresponding author)

## Introduction

Tourism is considered as an important branch of many modern national economies. It functions as a stimulating factor for local and regional socioeconomic development. Due to the demand for tourist services, the development of this sector globally affects the level of investments and innovations in tourism (Smeral, 1996). Tourism is an activity that completely depends on the quality of the environment, and if it is properly organized, it can contribute to the protection and improvement of the environment (Малинић, 2016). Natural resources represent one of the basic components of the tourist product of the destination (Goeldner & Ritchie, 2009). Forests are an attraction for both domestic and foreign tourists and they contribute to the attractiveness of a location. The increasing number of visitors to sensitive ecosystems such as forests creates the need for careful planning of tourism development as the sustainability of forests and the local economy would be preserved (Boustras & Boukas, 2013).

Natural disasters can significantly affect the development of tourism. Material damage and health problems originated from forest fires cause negative consequences for both the local population and visitors to the tourist destination. Negative experiences reduce the attractiveness of the destination, and thus the economic profit that comes from the economic branch of tourism. That is why it is important that there are preventive measures that prevent or at least mitigate catastrophic consequences (Rosselló et al., 2020; Thapa et al., 2004; Bauman et al., 2019).

A forest fire is an uncontrolled, spontaneous movement of fire on the forest floor and represents one of the most destructive natural forces. They belong to natural phenomena and if they cover a large area, they take on the character of a natural disaster. In addition to material damage, forest fires also destroy the living world on the surface affected by the fire, and they also cause environmental damage that can be several times higher than the value of the burned wood mass (Драгићевић & Филиповић, 2016).

Forest fires occur depending on many factors (Carmel et al., 2009). Topographical and climatic features, as well as forest vegetation are the main fire risk factors. The types of trees in the forest, the characteristics of the period of growth of the trees and the speed of the wind reaching the forest area are other factors that affect the strength and growth of a forest fire (Gazzard, 2012). The occurrence of forest fires differs depending on the type of forest. Deciduous forests contain higher humidity and therefore fires do not occur easily, while in coniferous forests there is a large amount of resin in the leaves and bark of trees that allow easier ignition and burning. Coniferous forests are drier and about 75% of fires occur in them, while 25% occur in deciduous forests (Nagy, 2008). Forest fires release two billion kilograms of carbon dioxide into the atmosphere every year. About 340,000 people die annually from the consequences of gas poisoning caused during the burning process within forest fires (European Commission, 2012).

On the territory of Serbia, 104 forest fires were registered in 2022, burning 11,508 ha of vegetation area (European Forest Fire Information System, 2022).

Forest fire risk is one of the main variables affecting the natural environment in some areas and many authors emphasize the catastrophic impact of forest fires on tourist destinations around the world (Hussein, 2008; Boustras & Boukas, 2013; Milenković et al., 2020; Otrachshenko Nunes, 2022). Forest fires threaten human lives, as well as tourist

infrastructure and superstructure, and contribute to the creation of a negative public image of the tourist destination (Milenković et al., 2020). Given that forest fire disasters have a direct impact on tourism, both proactive and reactive planning measures should be defined to deal with these catastrophic situations, taking into account the impact on tourism development.

Modern technologies have opened numerous opportunities for processing available geospatial information, which improves efficiency in decision-making (Ilmavirta, 1995; Sauvagnargues et al., 1997). Today, determining the occurrence and spread of forest fires by using GIS has become very important for precautionary measures (Soydan, 2022). The analysis within this work was carried out using the open-source software QGIS. For the purposes of identifying areas susceptible to fires and determining the risk of forest fires, the Forest Fire Susceptibility Index was used in this paper. The goal is to create a map of susceptibility to forest fires and overlay the obtained map with existing tourist accommodations in the researched area, in order to visually clearly indicate threatened areas and facilitate the planning of appropriate prevention measures.

## Materials and methods

### *Study area*

The study area is located in the region of Eastern Serbia (Figure 1). The municipality of Sokobanja belongs to the Zaječar district and is located between  $43^{\circ}31'41.1''\text{N}$  and  $43^{\circ}46'51.9''\text{N}$  and  $21^{\circ}40'33.2''\text{E}$  and  $22^{\circ}5'36.9''\text{E}$ . The area of the Sokobanja municipality is 525 km<sup>2</sup>, and according to the 2022 census, it has 13,759 inhabitants, while the population density is 26.2 people per km<sup>2</sup> (Statistical Office of the Republic of Serbia, 2022a). The most important roads are state roads of the second A level with the designations 217 and 218 (PE “Roads of Serbia”, 2022a) and the state road of the second B level with the designation 420 (PE “Roads of Serbia”, 2022b).

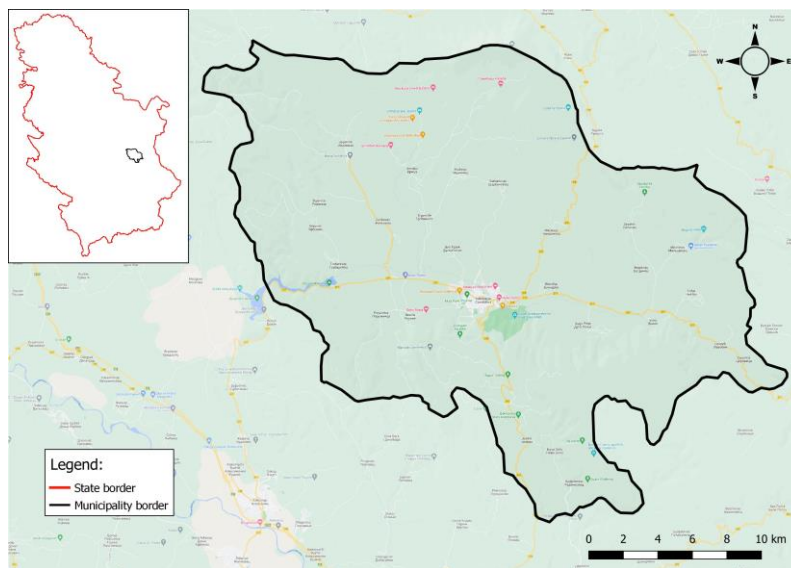


Fig 1. Geographical position of the Sokobanja municipality in Serbia (source: Google, 2022 (<https://www.google.com/maps>))

The municipality of Sokobanja is known for its thermal springs, which are used for balneological purposes. It is also known for its natural and cultural resources. On the territory of the Municipality there are four protected natural assets, the Area of Special Natural Beauty "Ozrenske livade", the Special Nature Reserve "Rtanj", the Waterfall "Ripaljka" and the Land of Exceptional Natural Characteristics "Lepteriya - Sokograd" (Zavod za zaštitu prirode Srbije, 2021) and twenty-five protected cultural properties, the Church of the Assumption of the Virgin Mary in Jošanica, the medieval fortress in Vrmdža, the Trebička Fountain - the fountain of Prince Miloš on Trebička Street, the house of the national hero Aleksa Markišić, the house on Alekse Markišića Street no. 1, the building of the Old Elementary School, the Church of St. Preobraženja, the residence of Prince Miloš Obrenović, the Old Spa, part of the town complex of the Old Bazaar on Maršala Tita Street with a number of individual buildings in the area from the corner of JNA Street to the end of the western side of 7. July Street, part of the urban complex of the old bazaar in Maršala Tita Street from no. 7 to no. 15 - immovable cultural property, part of the urban complex of the old bazaar in Maršala Tita Street from no. 12 to no. 24, part of the municipal complex of the old bazaar in Maršala Tita Street from no. 44 to no. 48, the house of the Hadži-Pavlović family, the villa "Dalmacija", the building of the Sokobanja Municipality, the burgher houses of the Petković family, the house in Ivana Vušovića Street no. 9, the house where the writer Stevan Sremac died, the house of Ljuba Didić, the administrative building, the closer surroundings with the fountain of Ljuba Didić, the Hajduk Veljkova fountain, the villa at Put Ozrenskih partizana street no. 29, "Soko Grad" in Sokobanja (Републички завод споменика културе, 2022).

### ***Methodology***

It is known that the high probability of the occurrence of forest fires is predetermined by the specific state of climatic elements in a certain area, but it is also important to determine where the fire would most likely appear under certain conditions (Novković et al., 2021). Susceptibility to forest fires was calculated based on the formula (Erten et al., 2004, Dong et al., 2005):

$$RC = 7 * V_T + 5 * (S + A) + (D_R + D_S) \quad (1)$$

where RC – forest fire susceptibility index, VT – index of vegetation type, S – index of terrain slope, A – index of terrain aspect, DR – index of distance from roads and DS – index of distance from settlements (facilities).

Each factor is assigned importance in relation to the level of susceptibility. Table 1 shows the assigned values ranging from 1 (low susceptibility) to 5 (very high susceptibility). The type of vegetation (i.e., land cover) is the most important factor, followed by relief characteristics – slope and aspect, and anthropogenic factors are in the last place.

Table 1. Classes of individual indices required for calculation RC

Susceptibility class	Value	$V_T$	$S [^\circ]$	$A [^\circ]$	$D_S [m]$	$D_R [m]$
Very high	5	Coniferous forests	>35	S (157.5-202.5)	<500	<200
High	4	Mixed forests, woodland-shrub vegetation	25-35	SE (112.5-57.5)	500-1000	200-400
				SW (202.5-247.5)		
Medium	3	Deciduous forests	10-25	E (67.5-112.5)	1000-1500	400-600
				W (247.5-292.5)		
Partially low	2	Agricultural land, meadows, pastures	5-10	NE (22.5-67.5)	1500-2000	600-800
				NW (292.5-337.5)		
Low	1	Built-up areas, water areas, areas with sparse vegetation	<5	N (0-22.5; 337.5-360)	>2000	>800

Source: authors

On the basis of the Digital Elevation Model (European Environment Agency, 2022) with a resolution of 25 m, the data on slope and aspect were obtained, which values then are classified according to the importance from Table 1. The land cover data were taken over from the CORINE Land Cover database (European Environment Agency, 2018). Of the anthropogenic factors, distance from the roads and the settlements were obtained from the Google satellite view (Google, 2022). The land cover, distance from roads and settlements are rasterized based on a vector data model for calculation purposes.

The obtained forest fire susceptibility index was used for identification of areas with different degrees of danger, which were then overlapped with the locations of tourist facilities. Data on the tourist offer of the municipality, i.e. on tourist accommodation, were obtained based on the list of facilities and their addresses from the Tourist Organization of Sokobanja website (TOSB, 2020), and data on cultural and natural assets based on the Extract from the Central Register of Protected Areas of Serbia (Institute for Nature Conservation of Serbia, 2021) and the Information System of Immoveable Cultural Heritage (Institute for the Protection of Cultural Monuments, 2022).

## Results and discussions

Combustible material in the forest consists of all plant cover, namely: mature trees, saplings, young forest, thickets, shrubs, bushes, fallen trees, forest floor, branches, stumps, moss, lichens and grass (Ђорђевић & Ђулаковић, 2016). Therefore, land cover (Figure 2) is the most important factor in this calculation.

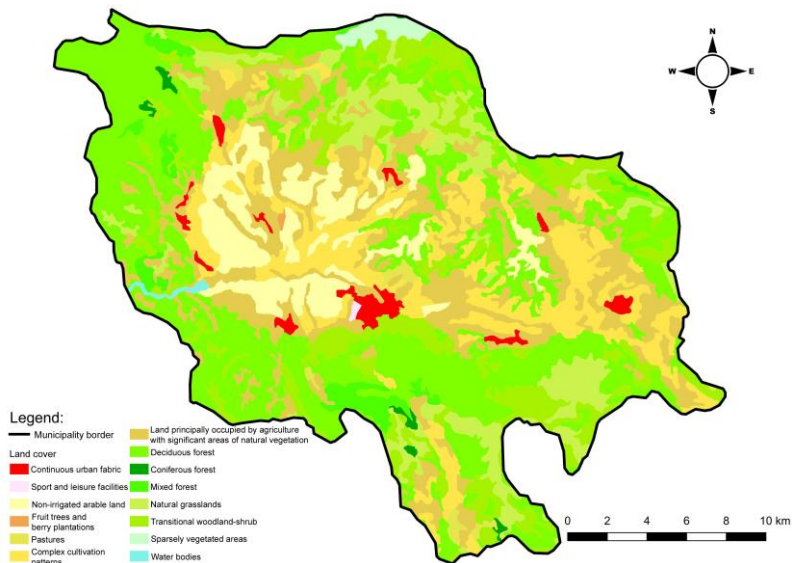


Fig 2. The Sokobanja municipality land cover (source: EEA, 2018 (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=download>))

The slope of the terrain is one of the most important factors for the spread of forest fires (Figure 3). As fuel particle density or fuel bed depth increases, fires begin to burn as a coherent front. The behavior of this front in the middle slope range, i.e. slopes of less than  $25^\circ$ , indicates that the volumetric densities of the fuel layer, which favor increased load, burn somewhat faster. A larger amount of fuel will result in a larger and higher flame. As the slopes increase further, i.e. are greater than  $25^\circ$ , surfaces that are less compact begin to burn faster (Butler et al., 2007).

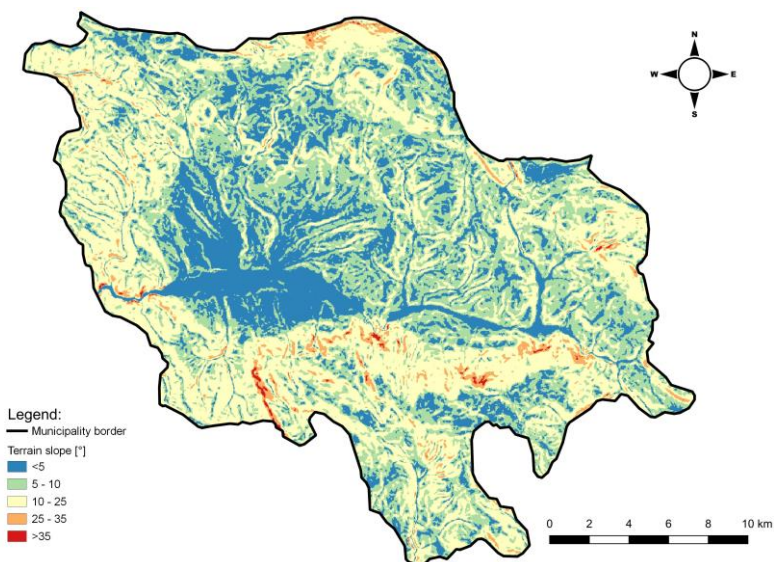


Fig 3. The Sokobanja municipality slope of terrain (source: authors)

The importance of the aspect of terrain (Figure 4) as a morphometric element is seen through the pronounced property of modifying certain climatic elements. This element modifies the influence of light and heat on a number of interconnected phenomena and processes. Different aspects due to unequal insolation have different heating of the soil and air, thus unequal heat emission compared to other aspects (Милошевић, 2010).

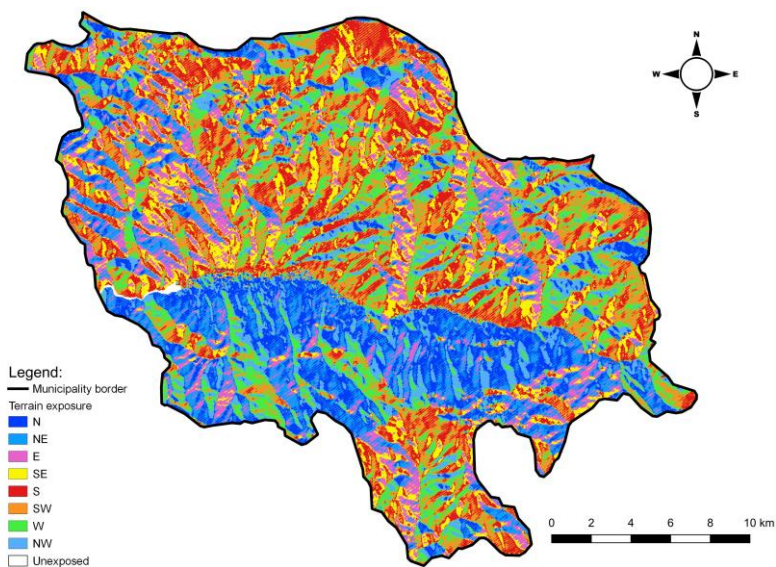


Fig 4. The Sokobanja municipality aspect of terrain (source: authors)

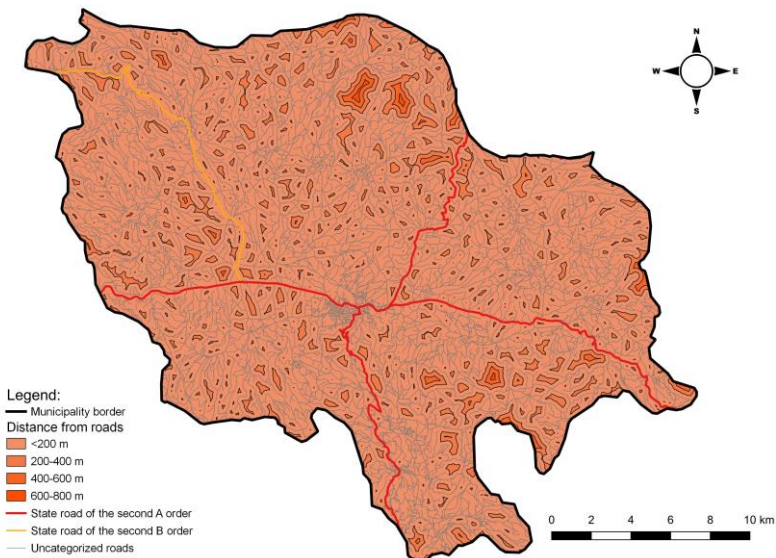


Fig 5. Distance from roads (source: Google, 2022 (<https://www.google.com/maps>))

For the purposes of this analysis, distance from roads and settlements were used as anthropogenic factors. According to Table 1, the distance is classified into appropriate classes – the greater the distance, the lower the vulnerability class due to the

reduction of anthropogenic influence in more distant zones. For the distance from the roads (Figure 5), a basic distance of 200 m was taken, and each subsequent zone is increased by the same amount.

A basic distance of 500 m was taken for the factor distance from settlements (Figure 6) and each subsequent zone is increased by 500 m. All facilities shown on the satellite image and all roads, including forest paths and less busy local roads, were taken into account.

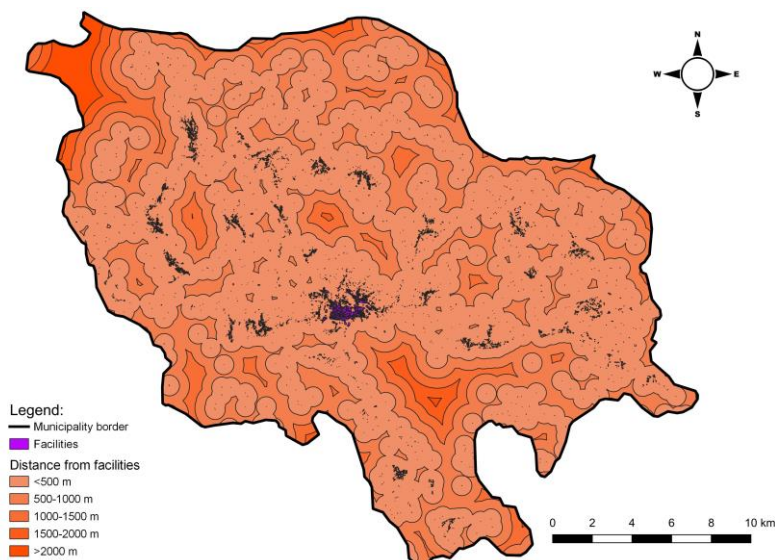


Fig 6. Distance from settlements (source: Google, 2022 (<https://www.google.com/maps>))

As a result of the applied methodology, the value of the forest fire susceptibility index is obtained, which ranges from 45 to 103, and which is classified into 4 classes: low, medium, high and very high (Figure 7).

Based on Table 2, it can be seen that the highest percentage share has the high susceptibility class – 51.12%, and the lowest is the low class with 4.10%. The obtained result is expected considering that the biggest influence is the type of vegetation factor, followed by the slope and aspect of the terrain. However, whether a fire will occur depends to a large extent on the awareness and behavior of people, i.e., anthropogenic influence.



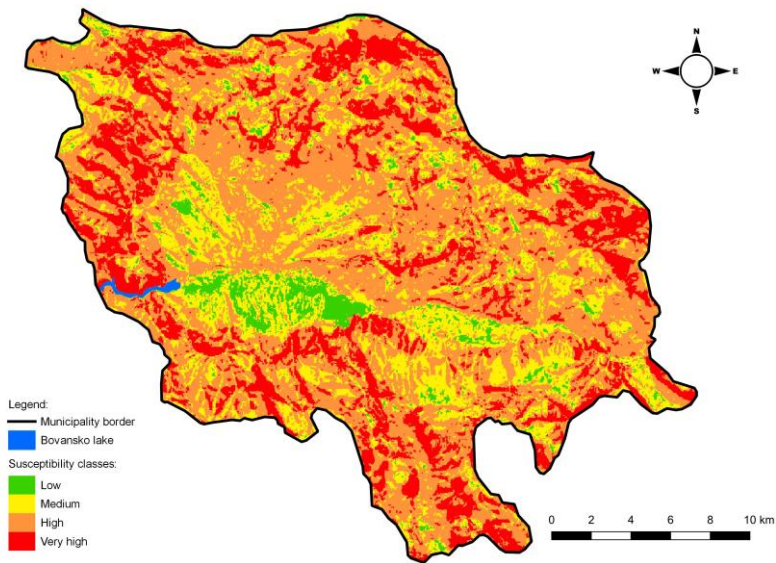


Fig 7. The susceptibility classes of forest fires (source: authors)

Table 2. Share of areas by susceptibility classes

Susceptibility class	Area [km <sup>2</sup> ]	Share in the total area [%]
Low	21.55	4.10
Medium	118.69	22.61
High	268.36	51.12
Very high	116.40	22.17
Укупно	525	100

Source: authors

In relation to the tourism offer of the municipality (tourist accommodation, cultural and natural assets), on the basis of Figure 8, it can be observed that the majority of facilities and cultural assets that are crucial for the development of tourism in the researched area are located within the low susceptibility class, while the area occupied by natural assets is represented by all four classes. Such result is expected considering that a large part of the municipality territory is under forests, and tourist accommodation and cultural assets are mostly located within the settlement. Given that the land cover plays an important role in the calculation of susceptibility to forest fires, built-up areas, that is, settlements, receive the lowest rating, and that is why this area has a low susceptibility class.

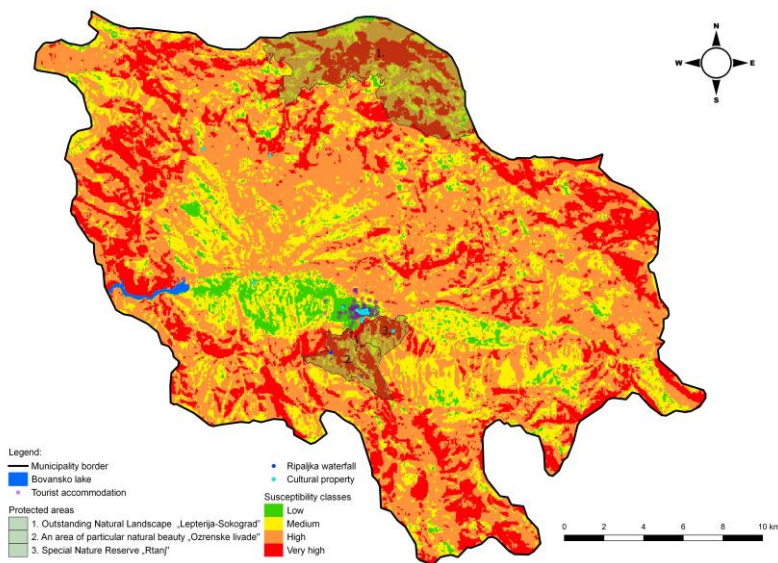


Fig 8. The susceptibility classes in relation to the tourist offer (source: authors)

During 2019, 115,000 tourists visited the Sokobanja municipality and 560,000 overnight stays were recorded (Tourist information portal of Sokobanja, 2020), while in 2021, 159,131 tourists visited this destination, and 756,089 overnight stays were recorded (Tasić, 2022). In 2022, 767,725 overnight stays were recorded (Statistical Office of the Republic of Serbia, 2022b). The high attendance indicates significant touristic contents and values provided by the researched area. Considering that a large part of the area belongs to the high and very high class of susceptibility to the occurrence of forest fires, it is necessary to draw the attention of all visitors to the possible dangers due to inappropriate behavior during their stay in nature (throwing cigarette butts, lighting fires, leaving garbage of different composition and etc.). Although the anthropogenic factor according to the applied methodology is the least significant for the occurrence of forest fires, this does not diminish its importance and the application of precautionary measures to prevent the occurrence of forest fires.

## Conclusion

Mapping the susceptibility to forest fires is the basis for adopting appropriate prevention measures that are of great importance from the aspect of protecting the area and its values. By mapping this disaster within the analyzed area, insight into the degree of susceptibility of the terrain when it comes to forest fires is possible. The proposed methodology, which is based on a GIS analysis of five factors (type of vegetation, slope and aspect of the terrain, distance from roads and settlements) as a result, provides a unique map of susceptibility to forest fires.

Based on the obtained results, the largest percentage of the territory is within the high susceptibility class – 51.12%, and the lowest percentage of the territory is occupied by the low susceptibility class – 4.10%. Such results are expected considering that the type of vegetation, i.e. the land cover, has the highest weight coefficient within the applied methodology.

According to the obtained results, the impact on the tourist offer is found in different classes of susceptibility. Tourist accommodations and cultural assets are located within settlements that have the lowest value when it comes to the calculation of susceptibility to forest fires, i.e. they fall into the low class, while natural assets are found in all four susceptibility classes. This arrangement of tourist offers in susceptibility classes can have a significant impact on tourism if forest fires occur.

Although the quality of the obtained results is satisfactory, it is necessary to emphasize the importance of data quality. In order to conduct an adequate analysis, data are of key importance and problems arise if they are of inadequate quality. Given that in this paper was used both natural and anthropogenic factors that are subject to changes in real time, the output map represents only the predicted geospatial distribution of the predisposition for the occurrence of forest fires, but not the temporal aspect of the manifestation of the analyzed phenomenon.

The GIS environment provides tools for both data collection and their processing and creation of various final products that have great utility value. This type of analysis can contribute to the adoption of adequate prevention measures that can prevent or reduce the negative impact of natural disasters on the local population and space.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Publisher's Note: Serbian Geographical Society stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

© 2023 Serbian Geographical Society, Belgrade, Serbia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Serbia.

## References

- Bauman, M. J., Yuan, J., & Williams, H. A. (2019). Developing a measure for assessing tourists' empathy towards natural disasters in the context of wine tourism and the 2017 California wildfires. *Current Issues in Tourism*, 23(19), 2476-2491. <https://doi.org/10.1080/13683500.2019.1681944>
- Boustras, G., & Boukas, N. (2013). Forest fires' impact on tourism development: a comparative study of Greece and Cyprus. *Management of Environmental Quality*, 24(4), 498-511. <https://doi.org/10.1108/MEQ-09-2012-0058>
- Butler, B. W., Anderson, W. R., & Catchpole, E. A. (2007). Influence of slope on fire spread rate. In B. W. Butler, & W. Cook (Eds.), *The fire environment – innovations, management, and policy* (pp. 75-82). Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Carmel, Y., Paz, S., Jahashan, F., & Shoshany, M. (2009). Assessing fire risk using Monte Carlo simulations of fire spread. *Forest Ecology and Management*, 257(1), 370-377. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.09.039>
- Dong, X., Li-min, D., Guo-fan, S., Lei, T., & Hui, W. (2005). Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. *Journal of Forestry Research*, 16, 169-174. <https://doi.org/10.1007/BF02856809>

- Erten E., Kurgun V., & Musaoglu N. (2004). Forest Fire Risk Zone Mapping from Satellite Imagery and GIS – a Case Study. *XX Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (pp. 222-230). Istanbul, Turkey.
- European Commission (2012). *Science for Environment Policy*. News Alert.
- European Environment Agency (2018). *CORINE Land Cover (CLC)*. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=download>
- European Environment Agency (2022). *European Digital Elevation Model (EU-DEM), version 1.1*. <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-demv1.1?tab=download>
- European Forest Fire Information System (2022). *Seasonal Trend for European Non European Union Countries*. [https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/seasonaltrend/Non\\_EU/2022/CO2](https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/seasonaltrend/Non_EU/2022/CO2)
- Gazzard, R. (2012). *Risk Management Control Measure: Toolkit for Practitioners and Advisors*. UK Vegetation Fire Risk Management Press.
- Goeldner, C. R., & Ritchie, B. J. R. (2009). *Tourism: Principles, Practices, Philosophies* (11th ed.). Wiley & Sons.
- Hussein, M. A. (2008). Costs of environmental degradation: an analysis in the Middle East and North Africa region. *Management of Environmental Quality*, 19(3), 305-317. <https://doi.org/10.1108/14777830810866437>
- Ilmavirta, A. (1995). The use of GIS-system in catastrophe and emergency management in Finnish municipalities. *Computers, Environment and Urban Systems*, 19, 171-178. [https://doi.org/10.1016/0198-9715\(95\)00002-0](https://doi.org/10.1016/0198-9715(95)00002-0)
- Milenković, M., Micić, J., & Denda, S. (2020). Tourism and forest fires: problems, challenges and possibilities. Innovative aspects of the development service and tourism (pp. 89-94). *VIII International scientific-practical conference*, Stavropol.
- Nagy, D. (2008). *Erdőtüzek megelőzési és oltástechnológiai lehetőségeinek vizsgálata* [PhD-értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron].
- Novkovic, I., Markovic, G. B., Lukic, Dj., Dragicevic, S., Milosevic, M., Djurdjic, S., Samardzic, I., Lezaic, T., & Tadic, M. (2021). GIS-Based Forest Fire Susceptibility Zonation with IoT Sensor Network Support, Case Study—Nature Park Golija, Serbia. *Sensors*, 21(19), Article 6520. <https://doi.org/10.3390/s21196520>
- Otrachshenko, V., & Nunes, L. (2022). Fire takes no vacation: Impact of fires on tourism. *Environment and Development Economics*, 27(1), 86-101. <https://doi.org/10.1017/S1355770X21000012>
- Rosselló, J., Becken, S., & Santana-Gallego, M. (2020). The effects of natural disasters on international tourism: A global analysis. *Tourism Management*, 79, Article 104080. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104080>
- Sauvagnargues, S., Dusserre, G., Poppi, J. C., & Barré, R. (1997). Geographical Information Systems applied to security services. *International Journal of GIS and Spatial Analysis*, 7, 353-371.
- Smeral, E. (1996). Globalization and changes in the competitiveness of tourism destinations. *46th Congress Globalisation and Tourism, Rotura: Publication of the International Association of Scientific Experts in Tourism*.
- Soydan, O. (2022). Determination of Forest Fire Risk Using GIS: A Case Study in Nigde, Turkey. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 24(1), 77-94. <https://doi.org/10.24011/barofd.1078642>

- Tasić, T. (2022). Sokobanja najposećenija destinacija na jugu u 2021. godini. <https://www.juznevesti.com/Drushtvo/Sokobanja-najposecenija-destinacija-na-jugu-u-2021-godini.sr.html>
- Thapa, B., Holland, S. M., & Absher, J. D. (2004). The Relationship between Wildfires and Tourist Behaviors in Florida: An Exploratory Study. *Proceedings of the Fourth Social Aspects and Recreation Research Symposium* (pp. 155-161). San Francisco State University.
- TOSB (2020). *Smeštaj u Sokobanji*. <https://sokobanja.rs/smestaj/>
- Turističko informativni portal Sokobanja (2020). Oboreni svi rekordi u 2019. godini. <https://www.soko-banja.org/najnovije/u-2019-sokobanja-je-oborila-sve-rekorde.html>
- Zavod za zaštitu prirode Srbije (2021). Izvod iz Centralnog registra – zaštićena područja Srbije. <https://www.zzps.rs/wp/pdf/centralniregistar/2021%20Izvod%20iz%20Centralnog%20registra%20-%20zasticena%20opodrucja%20Srbije.pdf?script=lat>
- Драгићевић, С., & Филиповић, Д. (2016). *Природни услови и непогоде у планирању и заштити простора*. Универзитет у Београду – Географски факултет. [Dragičević, S., & Filipović, D. (2016). Prirodni uslovi i nepogode u planiranju i zaštiti prostora. Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet.]
- Ђорђевић, Г., & Булаковић, В. (2016). *Дефинисање степена угрожености шума са предлогом система заштите шума од пожара на подручју Србије – Извештај*. Министарство пољопривреде и заштите животне средине Републике Србије. [Đorđević, G., & Đulaković, V. (2016). Definisavanje stepena ugroženosti šuma sa predlogom sistema zaštite šuma od požara na području Srbije – Izveštaj. Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine Republike Srbije.]
- ЈП „Путеви Србије“ (2022a). *Државни путеви ИА реда* [JP „Putevi Srbije“ (2022a). Državni putevi IA reda]. [https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/2.2.3\\_spisak\\_drzavnih\\_puteva\\_IAReda.pdf](https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/2.2.3_spisak_drzavnih_puteva_IAReda.pdf)
- ЈП „Путеви Србије“ (2022b). *Државни путеви ИВ реда* [JP „Putevi Srbije“ (2022b). Državni putevi IB reda]. [https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/2.2.4\\_spisak\\_drzavnih\\_puteva\\_IIBreda.pdf](https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni-sistem/2.2.4_spisak_drzavnih_puteva_IIBreda.pdf)
- Малинић, В. (2016). Урбани екотуризам као концепт оптималног развоја ПИО „Велико Ратно острво“. *Зборник радова Географског факултета*, 64, 481-499. [Malinić, V. (2016). Urbani ekoturizam kao koncept optimalnog razvoja PIO „Veliko Ratno ostrvo“. *Zbornik radova Geografskog fakulteta*, 64, 481-499.] <https://doi.org/10.5937/zrgfub1664481M>
- Милошевић, В. (2010). Клизишта на територији града Јагодине – генетски фактори и последице. Географски институт „Јован Цвијић“. [Milošević, V. (2010). Klizišta na teritoriji grada Jagodine – genetski faktori i posledice. Geografski institut „Jovan Cvijić“.]
- Републички завод за заштиту споменика културе (2022). Информациони систем непокретних културних добара [Republički zavod za zaštitu spomenika kulture (2022). Informacioni sistem nepokretnih kulturnih dobara] [https://nasledje.gov.rs/index.cfm?jezik=Serbian\\_CIR](https://nasledje.gov.rs/index.cfm?jezik=Serbian_CIR)
- Републички завод за статистику (2022a). Први резултати пописа становништва, домаћинства и станова 2022. године Републички завод за статистику. [Republički zavod za statistiku (2022a). Prvi rezultati popisa stanovništva, domaćinstava i stanova 2022. godine Republički zavod za statistiku.]

Републички завод за статистику (2022b). Туристички промет – децембар 2022.  
Републички завод за статистику. [Republički zavod za statistiku (2022b). Turistički promet – decembar 2022. Republički zavod za statistiku.]

Оригинални научни рад

UDC [007:912]:004]:614.84(497.11)  
<https://doi.org/10.2298/GSGD2301279J>

Примљено: 17. фебруара 2023.

Исправљено: 16. марта 2023.

Прихваћено: 20. марта 2023.

**Душица Јовановић<sup>1\*</sup>, Сања Стојковић\***

*\* Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд, Србија*

## **ГИС АНАЛИЗА МОГУЋНОСТИ ПОЈАВЕ ШУМСКИХ ПОЖАРА И ЊИХОВОГ УТИЦАЈА НА ТУРИСТИЧКУ ПОНУДУ ОПШТИНЕ СОКОБАЊА**

**Апстракт:** Туристички сектор који представља значајан покретач економског развоја посебно је угрожен ризицима од појаве шумских пожара. Шумски пожари представљају природну непогоду која може имати несагледиве последице на туристичку делатност. У овом раду извршена је анализа могућности настанка шумских пожара и њиховог утицаја на туристичке капацитете у општини Сокобања. Шумски пожари могу настати природно или као резултат антропогеног утицаја. За потребе анализе коришћено је ГИС окружење (софтвер отвореног кода „QGIS”) у оквиру којег су обрађени подаци о типу вегетације, рељефним карактеристикама (нагибу и експозицији терена) и зоне удаљености од путева и насеља. На основу индекса подложности настанка шумских пожара идентификована су подручја са различитим степеном угрожености, која су затим „преклопљена” са локацијама туристичких капацитета. Примењена методологија може се користити, осим за идентификацију угрожених подручја и предвиђање степена опасности по туристичку понуду и за планирање одговарајућих мера превенције.

**Кључне речи:** природна непогода, шумски пожари, ГИС, туристичка понуда

---

<sup>1</sup> dusicajovanovic@gef.bg.ac.rs (аутор за кореспонденцију)

## Увод

Туризам се сматра важном граном многих савремених националних економија. Функционише као стимулативни фактор на локални и регионални социоекономски развој. Због потражње туристичких услуга развој овог сектора глобално утиче на ниво инвестиција и иновација у туризму (Smeral, 1996). Туризам је делатност која у потпуности зависи од квалитета средине и уколико је правилно организован може да допринесе заштити и унапређењу животне средине (Малинић, 2016). Природни ресурси представљају један од основних садржаја туристичког производа дестинације (Goeldner & Ritchie, 2009). Шуме су атракција како за домаће тако и за стране туристе доприносе привлачности локације. Све већи број посетилаца у осетљивим екосистемима, као што су шуме, ствара потребу за применом пажљивог планирања развоја туризма, како би се очувала одрживост шума и локалне привреде (Boustras & Boukas, 2013).

Природне непогоде могу значајно да утичу на одвијање туристичке делатности. Материјална штета и здравствене тегобе настале услед шумских пожара изазивају негативне последице како код локалног становништва, тако и код посетилаца туристичке дестинације. Негативна искуства смањују привлачност дестинације, самим тим и економску добит која долази из привредне гране туризма. Због тога је важно да постоје мере превенције које спречавају или бар ублажавају катастрофалне последице (Rosselló et al., 2020; Thapa et al., 2004; Bauman et al., 2019).

Шумски пожар је неконтролисано, стихијско кретање ватре по шумској подлози и представља једну од најдеструктивнијих природних сила. Припадају природним феноменима и уколико захвате велику површину попримају карактер природне непогоде. Осим материјалне штете, шумски пожари уништавају и живи свет на површини захваћеној пожаром, а узрокују и еколошку штету која може бити неколико пута већа од вредности изгореле дрвне масе (Драгићевић & Филиповић, 2016).

Шумски пожари настају у зависности од многих фактора (Carmel et al., 2009). Топографске и климатске карактеристике, као и шумска вегетација главни су фактори ризика од пожара. Врсте дрвећа у шуми, карактеристике периода раста дрвећа и брзина ветра који стиже у шумско подручје, други су фактори који утичу на јачину и раст шумског пожара (Gazzard, 2012). Настајање шумских пожара се разликује у зависности од типа шуме. Листопадне шуме садрже већу влажност и због тога не долази лако до настанка пожара, док је у четинарским шумама заступљена велика количина смоле у лишћу и кори дрвећа које омогућавају лакше паљење и горење. Четинарске шуме су сувље и у њима настаје око 75% пожара, док у листопадним настаје 25% (Nagy, 2008). Шумски пожари ослобађају две милијарде килограма угљен-диоксида у атмосферу сваке године. Од последица тровања гасовима насталих током процеса горења у оквиру шумских пожара годишње умре око 340.000 људи (European Commission, 2012).

На територији Србије у 2022. години забележено је 104 шумска пожара при чему је изгорело 11,508 ha површине под вегетацијом (European Forest Fire Information System, 2022).

Опасност од шумских пожара једна је од главних варијабли која утиче на природно окружење у некој области и многи аутори истичу катастрофалан утицај шумских пожара на туристичке дестинације широм света (Hussein, 2008; Boustras & Boukas, 2013; Milenković et al., 2020; Otrachshenko & Nunes, 2022). Шумски пожари угрожавају људске



животе, као и туристичку инфраструктуру и супраструктуру, и доприносе стварању негативне јавне слике о туристичкој дестинацији (Milenković et al., 2020). С обзиром на то, да катастрофе шумских пожара имају директан утицај на туризам, требало би дефинисати како проактивне тако и реактивне планске мере за суочавање са овим катастрофалним ситуацијама, узимајући у обзир утицај на развој туризма.

Модерне технологије отвориле су бројне могућности за обраду доступних информација о геопростору што побољшава ефикасност у доношењу одлука (Imavirta, 1995; Sauvagnargues et al., 1997). Данас је одређивање настајања и ширења шумских пожара помоћу ГИС-а постало веома важно за мере предострожности (Soydan, 2022). Анализа у оквиру овог рада спроведена је коришћењем софтвера отвореног кода „QGIS”. За потребе идентификације подручја подложних пожарима и утврђивање ризика од шумских пожара у овом раду коришћен је Индекс подложности настанка шумских пожара. Циљ овог рада је креирање карте подложности настанка шумских пожара и преклапање добијене карте са постојећим туристичким смештајима на истраживаном подручју, како би се на визуелно јасан начин указало на угрожена подручја и олакшало планирање одговарајућих мера превенције.

## Материјали и методе

### *Истраживано подручје*

Простор истраживања налази се у региону Источне Србије (слика 1). Општина Сокобања припада Зајечарском округу и налази се између  $43^{\circ}31'41,1''$  и  $43^{\circ}46'51,9''$  северне географске ширине и  $21^{\circ}40'33,2''$  и  $22^{\circ}5'36,9''$  источне географске дужине. Површина општине Сокобања износи  $525 \text{ km}^2$ , а према попису из 2022. године има 13.759 становника, док густина насељености општине износи  $26,2 \text{ ст/km}^2$  (Републички завод за статистику, 2022а). Као најважније саобраћајнице истичу се државни путеви другог А реда са ознакама 217 и 218 (ЈП „Путеви Србије”, 2022а) и државни пут другог Б реда са ознаком 420 (ЈП „Путеви Србије”, 2022б).

*Сл. 1. Географски положај општине Сокобања у Србији, извор: Google, 2022 (<https://www.google.com/maps>) (стр. 281)*

Општина Сокобања позната је по термалним изворима који се користе у балнеолошке сврхе. Такође позната је по природном и културном богатству. На територији општине налазе се четири заштићена природна добра, Предео нарочите природне лепоте „Озренске ливаде“, СРП „Ртањ“, Водопад „Рипаљка“ и ПИО „Лептерија - Сокоград“ (Zavod za zaštitu prirode Srbije, 2021) и двадесет и пет заштићених културних добара, Црква Успења Богородице у Јошаници, средњовековно утврђење у Врмци, Требичка чесма - чесма кнеза Милоша на Требичком путу, кућа народног хероја Алексе Маркишића, кућа у ул. Алексе Маркишића бр. 1, зграда Старе основне школе, црква Св. Преображења, конак кнеза Милоша Обреновића, старо бањско купатило, део урбане целине старе чаршије у улици Маршала Тита са низом индивидуалних зграда на простору од угла улице ЈНА до завршетка западне стране улице 7 јула, део урбане целине старе чаршије у улици Маршала Тита од бр. 7 до бр. 15 - непокретно културно добро, део урбане целине старе чаршије у улици Маршала Тита од бр. 12 до бр. 24, део урбане целине старе чаршије у улици Маршала Тита од бр. 44 до бр. 48, кућа породице Хаџи-Павловић, вила "Далмација", зграда Скупштинне општине Сокобања, грађанске куће породице Петковић, кућа у Ул. Ивана Вушо-

вића 9, кућа у којој је умро књижевник Стеван Сремац, кућа Љубе Дидића, административна зграда, ужи амбијент са чесмом Љубе Дидића, Хајдук Вељкова чесма, вила на Путу Озренских партизана 29, Соко Град у Сокобањи. (Републички завод за заштиту споменика културе, 2022).

### Методологија

Познато је да је велика вероватноћа настанка шумских пожара унапред одређена специфичним стањем климатских елемената на одређеном подручју, али је такође важно утврдити где би пожар највероватније избио под одређеним условима (Novković et al., 2021). Подложност настанку шумских пожара израчуната је на основу формуле (Erten et al., 2004, Dong et al., 2005):

$$RC = 7 * V_T + 5 * (S + A) + (D_R + D_S) \quad (1)$$

где је RC – индекс подложности настанку шумских пожара,  $V_T$  – индекс типа вегетације, S – индекс нагиба терена, A – индекс експозиције терена,  $D_R$  – индекс удаљености од саобраћајница и  $D_S$  – индекс удаљености од насеља (објеката).

Сваком фактору додељен је значај у односу на ниво подложности. У табели 1 могу се видети додељене вредности које се крећу од 1 (ниска подложност) до 5 (врло висока подложност). Тип вегетације (тј. начин коришћења простора) представља најважнији фактор, затим су битне рељефне карактеристике – нагиб и експозиција, а антропогени фактори налазе се на последњем месту.

Табела 1. Класе појединачних индекса потребних за израчунавање RC

Класа подложности	Вредност	$V_T$	S [°]	A [°]	$D_S$ [m]	$D_R$ [m]
Врло висока	5	Четинарске шуме	>35	S (157,5-202,5)	<500	<200
Висока	4	Мешовите шуме, дрвенасто жбунаста вегетација	25-35	SE (112,5-57,5)	500-1000	200-400
				SW (202,5-247,5)		
Средња	3	Листопадне шуме	10-25	E (67,5-112,5)	1000-1500	400-600
				W (247,5-292,5)		
Делимично ниска	2	Пољопривредне површине, ливаде, пашњаци	5-10	NE (22,5-67,5)	1500-2000	600-800
				NW (292,5-337,5)		
Ниска	1	Изграђене површине, водене површине, површине са оскудном вегетацијом	<5	N (0-22,5; 337,5-360)	>2000	>800

Извор: аутори

Основу прорачуна чини растерски дигитални модел висина (European Environment Agency, 2022) резолуције 25 m на основу кога су добијени подаци о нагибу и експозицији чије су вредности класификоване према значају из табеле 1. Подаци о намени и коришћењу земљишта преузети су из базе података CORINE Land Cover (EEA, 2018). Од антропогених фактора коришћене су зоне удаљености од саобраћајница и насеља добијених са Google сателитског приказа (Google, 2022). Намена земљишта, зоне удаљености око саобраћајница и насеља су растеризовани на основу векторског модела података због потреба прорачуна.

На основу добијеног индекса подложности настанка шумских пожара идентификоване су области са различитим степеном угрожености, које су затим преклопљене са локацијама туристичких капацитета. Подаци о туристичкој понуди општине, односно о туристичком смештају добијени су на основу листе објеката и њихових адреса са сајта Туристичке организације Сокобања (TOSB, 2020), а подаци о културним и природним добрима на основу Извода из Централног регистра заштићених подручја Србије (Zavod za zaštitu prirode Srbije, 2021) и Информационог система непокретних културних добара (Завод за заштиту споменика културе, 2022).

## Резултати и дискусија

Гориви материјал у шуми сачињава сав биљни покривач и то: зрело дрвеће, подмладак, млада шума, шикаре, шибље, грмље, оборено дрвеће, шумска простирка, грање, пањеви, маховина, лишајеви и трава (Ђорђевић & Ђулаковић, 2016). Због тога, намена земљишта (слика 2) представља најважнији фактор у овом прорачуну.

*Сл. 2. Намена површина општине Сокобања, извор: EEA, 2018 (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=download>) (стр. 284)*

За ширење шумских пожара нагиб терена један је од значајнијих фактора (слика 3). Како се повећава густина честица горива или дубина слоја горива, пожари почињу да горе као кохерентни фронт. Понашање овог фронта у средњем опсегу нагиба, тј. нагиби мањи од 25°, указује да запреминске густине слоја горива које погодују повећаном оптерећењу сагоревају нешто брже. Већа количина горива вероватно ће резултирати већим и вишим пламеном. Како се нагиби даље повећавају, тј. већи су од 25°, површине које су мање збијене почињу брже да сагоревају (Butler et al., 2007).

*Сл. 3. Нагиб терена општине Сокобања, извор: аутори (стр. 284)*

Значај експозиција терена (слика 4) као морфометријског елемента сагледава се кроз изражено својство модификовања појединих климатских елемената. Овај елемент модификује утицај светлости и топлоте на низ узајамно повезаних појава и процеса. Различите експозиције услед неједнаког осунчавања имају различито загревање тла и ваздуха, тиме и неједнаку емисију топлоте у односу на друге експозиције (Милошевић, 2010).

*Сл. 4. Експозиција терена општине Сокобања, извор: аутори (стр. 285)*

За потребе ове анализе, од антропогених фактора коришћене су зоне удаљености од саобраћајница и насеља. Према табели 1 удаљености су сврстане у одговарајуће класе – што је удаљеност већа, то је класа угрожености мања, због смањења

антропогеног утицаја у удаљенијим зонама. За удаљеност од саобраћајница (слика 5) узета је основна дистанца која износи 200 m, а свака следећа зона се повећава за исто толико.

*Сл. 5. Зоне удаљености од саобраћајница, извор: Google, 2022 (<https://www.google.com/maps>) (стр. 285)*

За фактор удаљеност од објеката (слика 6) узета је основна дистанца од 500 m и свака следећа зона повећава се за 500 m. У обзир су узети сви објекти приказани на сателитском приказу и сви путеви укључујући и шумске стазе и мање прометне локалне путеве.

*Сл. 6. Зоне удаљености од насеља, извор: Google, 2022 (<https://www.google.com/maps>) (стр. 286)*

Као резултат примењене методологије добија се вредност индекса подложности настанка шумских пожара који се креће у опсегу од 45 до 103, а који је класификован у 4 класе: ниска, средња, висока и врло висока (слика 7).

*Сл. 7. Класе подложности настанка шумских пожара, извор: аутори (стр. 287)*

На основу табеле 2 види се да највећи процентуални удео има висока класа подложности – 51,12%, а најмањи ниска класа са 4,10%. Добијени резултат је очекиван с обзиром на то да највећи утицај има фактор врста вегетације, затим нагиб и експозиција терена. Али, да ли ће доћи до појаве пожара у великој мери зависи и од свести и понашања људи, односно антропогеног утицаја.

*Табела 2. Удео површина по класама подложности*

Класа подложности	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
Ниска	21,55	4,10
Средња	118,69	22,61
Висока	268,36	51,12
Врло висока	116,40	22,17
Укупно	525	100

Извор: аутори

У односу на туристичку понуду општине (туристички смештај, културна и природна добра), на основу слике 8, примећује се да се већина објеката и културних добара који су кључни за одвијање туризма истраживаног подручја налази у оквиру ниске класе подложности, док су на простору који заузимају природна добра заступљене све четири класе. Овакав резултат је очекиван с обзиром на то да се велики део територије општине налази под шумама, а туристички смештаји и културна добра се махом налазе у оквиру насеља. С обзиром на то да намена површина има важну улогу у прорачуну подложности настанка шумских пожара, изграђене површине односно насеља добијају најмању оцену и због тога је на овом простору заступљена ниска класа подложности.

*Сл. 8. Приказ класа подложности у односу на туристичку понуду, извор: аутори (стр. 288)*

Током 2019. године општину Сокобања посетило је 115.000 туриста и забележено је 560.000 ноћења (Turističko informativni portal Sokobanja, 2020), док је 2021. ову дестинацију посетило 159.131 туриста, а забележено је 756.089 ноћења (Tasić, 2022). У 2022. години забележено је 767.725 ноћења (Републички завода за статистику,

2022б). Велика посећеност указује на значајне садржаје и вредности које пружа истраживано подручје. С обзиром на то да велики део површине спада у високу и врло високу класу подложности за настанак шумских пожара, потребно је скренути пажњу свим посетиоцима на могуће опасности услед неадекватног понашања током боравка у природи (бацање опушака од цигарета, паљење ватре, остављање смећа различитог састава и др.). Иако је антропогени фактор према примењеној методологији најмање значајан за настанак шумских пожара, то не умањује његову важност и примену мера предострожности за спречавање настанка шумских пожара.

## **Закључак**

Картирање подложности настанка шумских пожара представља основу за доношење одговарајућих мера превенције које су од великог значаја са аспекта заштите простора и његових вредности. Картирањем ове непогоде у оквиру анализираног подручја омогућен је увид у степен подложности терена када су у питању шумски пожари. Предложена методологија која се заснива на ГИС анализи пет фактора (тип вегетације, нагиб и експозиција терена, зоне удаљености од путева и насеља) као резултат даје јединствену карту подложности шумским пожарима.

На основу добијених резултата највећи проценат територије налази се у оквиру високе подложности – 51,12%, а најмањи проценат територије заузима ниска класа подложности – 4,10%. Овакви резултати су очекивани с обзиром на то да тип вегетације, односно намена површина, има највећи тежински коефицијент у оквиру примењене методологије.

У складу са добијеним резултатима утицај на туристичку понуду налази се у различитим класама подложности. Туристички смештај и културна добра налазе се у оквиру насеља која имају најмању вредност, када је у питању прорачун подложности шумским пожарима, односно спадају у ниску класу, док се природна добра налазе у све четири класе подложности. Овакав распоред туристичке понуде у класама подложности може да има значајан утицај на туризам уколико дође до појаве шумских пожара.

Иако је квалитет добијених резултата задовољавајући, неопходно је нагласити важност квалитета података. Да би се спровела адекватна анализа подаци су од кључне важности и до проблема долази уколико су они неодговарајућег квалитета. С обзиром на то да су у раду коришћени и природни и антропогени фактори, који су подложни променама у реалном времену, излазна карта представља само предвиђени геопросторни распоред предиспозиције за појаву шумских пожара, али не и временски аспект манифестовања анализиране појаве.

ГИС окружење пружа алате којима се врши како прикупљање података, тако и њихова обрада и израда различитих финалних продуката који имају велику употребну вредност. Овакав начин анализе може да допринесе у доношењу адекватних мера превенције које могу да предупреду или смање негативан утицај природних непогода на локално становништво и простор.

© 2023 Serbian Geographical Society, Belgrade, Serbia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Serbia.

**Литература** (погледати у енглеској верзији текста)