

**ANTHROPOGENIC IMPACTS ON THE STABILITY OF THE FOREST
ECOSYSTEMS IN BELGRADE – COMPARATIVE ANALYSIS OF KOŠUTNJAK
FOREST AND ZVEZDARSKA FOREST**

DRAGANA RAŠKOVIĆ^{1*}

¹ *University of Belgrade – Faculty of Geography, Studentski Trg 3/3, 11000 Belgrade, Serbia*

Abstract: In this paper will be analyzed the environmental status of the two recently protected forest areas in Belgrade – Košutnjak forest and Zvezdarska forest. Due to their specific position inside the urban structure, these park forests are exposed to the high level of pollution and degradation originating from anthropogenic sources. This paper will include all present forms of threats to the stability of these ecosystems, both in their immediate surroundings, as well as within their borders. For clear presentation of the devastating anthropogenic impact on the protected forest ecosystems remote sensing – NDVI analysis of the appropriate satellite image segments will be performed in order to detect the differences of the state of vegetation covers registrated in 1986 and 2010. According to the need for efficient management system for the affected natural areas in the urban structure, in the end will be presented concrete protection measures, whose continuous application can bring to the progradation of their state.

Key words: urban forests, anthropogenic pollution, fragmentation, NDVI, protection, management

Introduction

Park forests are the basic structural elements of urban greenery. They can have similar composition relations as any other park (perspectives, trails ect.), except they are dominated by natural motifs. The best are the mixed trees forest ecosystems that are characterized by good biological state of vegetation and adaptation to the environmental conditions in a specific area. The size and structure of a certain park forest depend on the urban conditions (size and sturcture of settlements), natural conditions in a specific area, and its position in relation to the transport corridors. For larger cities, normative framework for this category of green area is 800 m² per visitor (Filipović D. & Đurđić S., 2005).

In Belgrade forests cover a total area of 38,865.92 ha (Vukin M., Milojković D. & Živanović M., 2013). Several forest complexes protected by the law are located in its urban core. This paper presents comparative analysis of existing anthropogenic impacts on the ecological stability of the two capital's park forests – Košutnjak forest and Zvezdarska forest. This green „islands“ surrounded by technogenic formations are key regulators of the quality of the local environment. Forest microclimate has favorable effect on the human body. Optimum temperature in forests, humid air, reduced intensity of the radiation and air

*E-mail: dragana.rashkovich@gmail.com

Article history: Received 21.09.2015 ; Accepted: 25.12.2015

flow changes are favourable to rehabilitation, rest and recreation of the population (Pavlović R. & Petrović N., 2009). They are significant for the revitalization of urban areas and improving the aesthetic norms (Lješević M.A., 2003). The forests are ecologically valuable natural resource and factor of Belgrade. They have positive effect on the climate and biodiversity of the urban landscape. The forest flora and vegetation represent biofilters that reduce the level of air pollution, the presence of suspended particles and emissions of greenhouse gases. At the same time forests make an efficient system of protection against acoustic pollution. They also have positive effect on the stabilization of surface and underground run-off, stopping erosion and flood control.

Compared to other types of forest landscapes, urban park forests are exposed to a significantly higher level of anthropopressure, due to their specific location and environment. Urban development projects can cause negative consequences for their original values, and these aspects must be taken into account in the spatial and urban planning. Forest ecosystems are exposed to a continuous process of pollution and fragmentation, due to the implementation of other forms of land use (Tyrväinen L. & Miettinen A., 2000).

In order to prevent pollution, devastation and fragmentation of the forest areas in Belgrade, it was necessary to establish their legal protection as a basis for proper management. It involves the continuous planning, monitoring the situation, measures to promote the development and use of natural values of the areas in accordance with established regulations (Milovanović B., et al., 2010). Urban forests are managed primarily for the protection of their natural resources – biodiversity, mosaic habitats and aesthetic cityscape characteristics.

Research Methodology

The subject of this paper represent the degradative and progradative anthropogenic impacts on the stability of the two protected forest complexes in Belgrade – Košutnjak forest and Zvezdarska forest. The main purpose of this paper is to contribute to the integrated urban forests protection and management system, because of their great importance for improving the environmental quality of Belgrade.

In the process of work the following scientific methods were applied: comparative, analytical and synthetic, deductive, descriptive, statistical, classification, mapping and remote sensing method. The research process included the introduction to available literature and planning documentation, interpretation of topographic and thematic maps, satellite imagery analysis and field studies of the environment of the analyzed forest ecosystems.

In the era of intensive development of space technology, remote sensing and GIS have been developed as powerful tools for ecological environment assessment (Store R. & Jokimaki J., 2003). Combing these technologies cannot only supply a platform to support multi-level and hierarchical integrated analysis on resource and environment, but also integrate the obtained information in a comparative theoretical ecosystem analysis (Li A., et al., 2005).

In order to provide a clearer presentation of the position and structure of the researched areas, their digital maps were made using GIS software *GeoMedia Professional 6.1* (Intergraph Corporation). In the process of mapping georeferenced satellite images were used. For the precise vectorization of geospatial elements – borders of protected complexes graphic attachments from the available studies of the Institute for Nature Conservation of Serbia were used. Analysis of the state of vegetation covers of the studied forest parks, as well as the registration of present forms of pollution from anthropogenic sources are based on analyzing satellite images in GIS software *Idrisi Selva*.

Satellite images from the satellite *Landsat 5* were obtained from the TM sensor (Thematic Mapper) whose surface of recording is 185 to 185 km. Recordings were georeferenced in *UTM 34n* reference system with *WGS84* datum and 30 m resolution. In order to detect changes in the structure and stability of forest ecosystems that occurred during the previous decades the corresponding satellite images recorded in 1986 and 2010 were comparatively analyzed. All satellite images were downloaded from the official website of USGS (United States Geological Survey). For the analysis of the subject areas satellite scenes from different years were cut by the following coordinates:

Košutnjak forest – X_{\min} 454100, X_{\max} 456400, Y_{\min} 4954800, Y_{\max} 4959700;
Zvezdarska forest – X_{\min} 459900, X_{\max} 462500, Y_{\min} 4959900, Y_{\max} 4962700.

For remote sensing of the forest ecosystems and their environment the normalized difference vegetation index (NDVI) was used. It is obtained by combining near-infrared (0.7-1.1 microns) and visible red (0.4-0.7 microns) spectral band. NDVI is calculated by dividing the difference between these spectral bands by their sum, yielding a value between -1 and 1 (Tucker C.J., et al., 1985):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

NDVI has become a globally accepted vegetation index, due to the parameters relation that allows the elimination of a large number of disturbances caused by changes in the angle of solar radiation, topography, clouds or shadows, and atmospheric conditions (Matsushita B., et al., 2007).

NDVI is a popular way to measure the productivity of vegetation, or „greenness” in a defined area (Tucker C.J., 1979). Due to the presence of green photosynthetic pigment – chlorophyll, plants absorb rays of wavelengths in the range of red band (visible light) and scatter those belonging to near infrared radiation (Jordan C. F., 1969). Therefore, the higher values are registered in locations where the vegetation cover is developed and thick. The lowest values of NDVI (-1 to 0.1) are registered in places where there is no vegetation, where technogenic formations dominate, or in the zones exposed to anthropogenic pollution and degradation. They can also indicate water, areas with bare rocks or terrains covered with snow and ice. Moderate levels (0.2 to 0.3) correspond to grass and bush vegetation, while values over 0.6 correspond to vegetation of tall trees (Weier J. & Herring D., 2000). Since this index is based on spectral measurements of photosynthesis, its value is higher during the spring and summer and lower in autumn and winter. Therefore, in this research were used satellite images made in the late spring of 1986, and 2010, when the vegetation cover is optimally developed. During the selection of available images it was taken into account that the time gap between the recording dates should be the lowest possible. The result of this geospatial analysis and research represent maps of NDVI index classes of the subject areas.

Basic features of the researched urban forests

Košutnjak forest is located within the cultural and historical entity Topčider, on the territory of Belgrade’s municipalities Čukarica and Rakovica. It is located above the left bank of the Topčiderska River on a vast plateau, to which a lower slopes intersected by valleys are continuing (Lukić D., et al., 2012). Zvezdarska Forest is located in the northern zone of the eponymous Belgrade’s municipality. It is located on a prominent hill (254 m) on the right bank of the Danube River.

Along with the humid biotopes of Great War Island and the left bank of the Danube

River, Košutnjak is the only remnant of the indigenous forest vegetation in the densely populated urban structure (Lukić D., et al., 2012). Such an attitude towards the urban environment also has Zvezdarska forest, but unlike Košutnjak, it is planted forest. Slopes of the Zvezdara hill were forested after World War II (Stavretović N., et al., 2010). Both forest ecosystems are predominantly broadleaf type, with a small proportion of the conifers. In Košutnjak linden, hornbeam, and oak communities (*Tilio-Carpino-Quercetum robori-cerridis*) occupy the largest space (Lukić D., et al., 2012). In the borders of Zvezdarska forest mixed plantings of common oak (*Quercus robur*), maple (*Acer*) and ash (*Fraxinus*) are dominating (Stavretović N., et al., 2010).

The forest areas within the city have special value as a refuge habitats of flora and fauna and areas of importance for the recovery of species and preservation of the nature integrity and optimal land use, as well as for improving the quality of the urban environment (Milovanović B., et al., 2010). Within Košutnjak forest was recorded the presence of 521 plant species, which puts this forest complex on a third place of natural and modified habitats of Belgrade (after Avala and Kosmaj) according to the criteria of diversity of vascular plants (Jovanović S., et al., 2014). Flora of Zvezdarska forest is due to the specific environment and structure much more modest – includes 136 species (Stavretović N., et al., 2010).

Urban forests are particularly important for the protection and preservation of the diversity of fauna on the territory of Belgrade. Table 1 presents the relevant data of the Institute for Nature Conservation of Serbia on biodiversity of the researched areas – the total number of registered species within the respective kingdoms and classes, as well as the number of species that are protected by national and/or international legislation. Since fauna of Zvezdarska forest has not been studied systematically, the lack of key data about its diversity is present.

Table 1. Biodiversity of the protected park forests

Biodiversity:		NM „Košutnjak forest“		NM „Zvezdarska forest“	
		Total number of species:	Protected species:	Total number of species:	Protected species:
Flora		521	48	136	11
Fauna	Entomofauna	227	18	/	/
	Herpetofauna	15	13	7	4
	Ornithofauna	25*	13*	/	48**
	Teriofauna	20 + 14 Chiroptera species	11 + 13 Chiroptera species	/	/

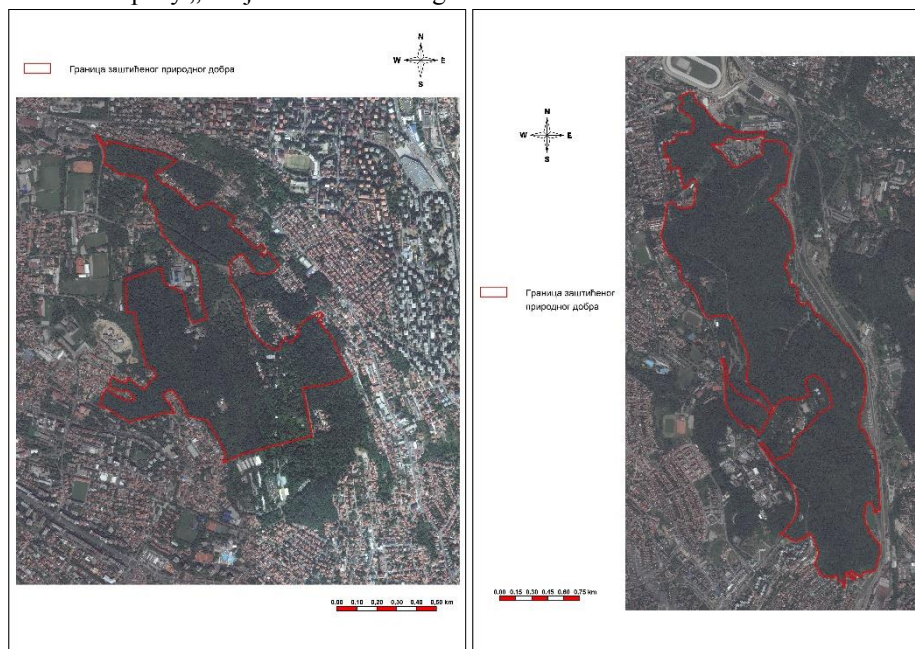
* Refers to ever-present species

** Includes occasionally and seasonally present species

(source: Lukić D., et al., 2012; Stavretović N., et al., 2010)

Valorization of the natural resources proved that Košutnjak forest and Zvezdarska forests deserve the status of protected natural resources of the third (III) category. Interim authority of the City of Belgrade brought the Decision on the proclamation of the Nature Monument „Zvezdarska forest“ on 29 November 2013, while the Decision on announcement of the Nature Monument „Košutnjak forest“ was adopted on 1 April 2014. For the management of the first declared protected area is responsible the Public Utility Company

„Zelenilo Beograd“, while at the management wheel of another protected complex stands the Public company „Srbijašume“ from Belgrade.



Picture 1. Maps of the protected natural areas – NM „Košutnjak forest“ and NM „Zvezdarska forest“

The entire territory of Zvezdarska forest (80.5 ha) and the largest part of Košutnjak forest (265 ha) are under the protection regime of the third (III) degree. The second degree protection regime is present on the small part of Košutnjak – the area of the Natural reserve Forest of oak and hornbeam at Hajdučka fountain that has been protected since 1981 (3.5 ha) (Lukić D., et al., 2012).

Anthropogenic impacts on the environmental quality of the researched areas

The modern urban geographical approach to studies of the spatial structures defines a city as a coherent system, spatially and temporally expressed through the consistency of the natural environment, its population and functions with clearly developed structure characterized by integrity, competence, complementarity, hierarchy and integrativity (Tošić D., Krunic N. & Nevenić M., 2008). Urban landscape is sustainable and stable only in the state of homeostasis between its natural and technogenic structural components. In that context forest areas of Belgrade represent its special value.

The process of urban development, causes fragmentation of the landscape, which inevitably causes fragmentation of habitats. Spatially separate parts that used to be compact habitat, constitute specific elements surrounded by completely different ecosystem characteristics of their indigenous state. Habitat fragmentation causes a general disorder in the spatial coverage of ecological processes. It complicates the process of dispersion of taxa, their physical and functional communication and creates favorable conditions for intensifying the process of isolation. Priority in the protection of natural ecosystems should be increasing the level of quality of the fragmented habitats and formation of ecological corridors between them (Đurđić S., 2009; 2010; 2012).

Belgrade's forest ecosystems suffered from significant modifications due to long-term and dynamic process of urban development. After World War II, due to rapid urbanization and the expansion of settlements, Košutnjak forest ecosystem was partially enclosed. On all

its sides were formed settlements: Banovo Brdo in the west, Rakovica in the south and Miljakovac in the southeast (Lukić D., et al., 2012). In the same period the municipalities of Čukarica and Rakovica went through intensive industrialization process.

Different technogenic structures are located in the immediate surroundings of this complex: along its eastern and northeastern borders stretch rail corridor (Belgrade – Niš railway opened in 1884) and Bulevar Patrijarha Pavla Street, the plant „IMR Rakovica“ is located in the southeast and along the western border stretches Kneza Višeslava Street.

In order to improve the environment of the wider area, as well as to preserve local and regional biodiversity it is particularly important to nurture the existing ecological corridors that make a direct connection with Topčider and Hajd park, or indirect connection with Ada Ciganlija, Banjička forest, Miljakovačka forest and mountain Avala further to the southeast.

Unlike Košutnjak, Zvezdarska forest is enclosed on all sides by the urban core, which is why it has a characteristic irregular shape. Slopes below Zvezdara hill, facing the New Cemetery and Karaburma were settled in the period between the two world wars, before the afforestation of this terrain (Stavretović N., et al., 2010). Later, the settlements in the northeast and east (Karaburma), and then in the south of this area (Mirijevo) were significantly expanded. Northeastern and eastern border of Zvezdarska forest stretches along the important corridor – Dragoslava Srejićeva Street. All other roads on this area belong to the secondary street network. Volgina Street cuts through the whole forest complex from Dragoslava Srejićeva Street to Milan Rakića Street.

It is important to respect environmental standards in the urban planning process, in order to raise environmental, urban, aesthetic and economic values (Filipović D. & Obradović D., 2004). Urban park forests are exposed to a variety of anthropogenic processes that can cause their pollution, and the degradation of entire ecosystems.

In the immediate surroundings of Košutnjak forest dominant sources of pollution are: heavy traffics (especially in the narrow streets on the higher slopes), the Industry of methylated alcohol and yeast „Vrenje“, NIS Jugopetrol Belgrade installation, the Institute for Manufacturing Banknotes and Coins, wastewaters from settlements and agricultural areas, illegal dumps (municipal, industrial and construction waste), combustion of fossil fuels in heating plants and individual furnaces ect. For many years particular problem for Košutnjak ecosystem has been exceeding the allowed noise level, which is the result of intense traffic on busy travel routes that border with it (Lukić D., et al., 2012).

Park forests are important tourist destinations in the big cities. They have a triple role, from the aesthetic, health and recreational aspects of increasing the overall quality of stay of visitors (Štetić S. & Simčević D., 2009). However, it is essential to implement a sustainable approach to tourism inside the protected areas. That implies a challenge of developing good quality tourism products without adverse effects on the natural and cultural environment, which it maintains and cherishes (Lugonja A., 2014; Stojković S., Đurđić S. & Anđelković G., 2015). Tourist and sports centers, and other service facilities located at the periphery, but also inside of Košutnjak forest directly usurp forest biocenosis and represent a potential threat to the natural balance. A conflicting forms of land use have caused the degradation of ecosystems that surround them. Therefore, it is necessary to spatially and temporally limit the tourist movements and control the activities of visitors within the borders of the protected area.

Potentially vulnerable zones of Košutnjak forest cover its southern and eastern part. East and northeast of Crnojevićeva Street is located the part of the forest ecosystem which directly borders with the urban core of Rakovica. In the area between Crnojevićeva and Vrbnička Street there are several illegally constructed old buildings (Lukić D., et al, 2012). It is necessary to strictly prohibit the construction of new facilities, due to the large decline of terrain and potential slope processes that would directly endanger the protected area. East

of the forest area, in the zone of the objects of the Public company „Železnice Srbije“ a problem with the unregulated and neglected greenery, and poor sanitation is present. Priority task in the planning and regulation of use of this site is the protection of the forest area that borders with him.

Zvezdarska forest represents a secondary ecosystem, whose original character was drastically altered by anthropogenic activity. The total area of this park forest has been significantly decreased during the past 50 years. Only during the past 38 years active area of forest ecosystem has been reduced by 10%. The process of urbanization, the introduction of new species, as well as construction of infrastructure, have influenced the changes in the structure of the forest and the ecological balance of the habitats (Stavretović N., et al., 2010).

In the area that surrounds Zvezdarska forest air pollution, noise, jeopardized quality of surface and groundwater and the biosphere are constantly present. The dominant sources of pollution are emissions of pollutants from stationary and mobile sources, as well as noise from traffic. The negative anthropogenic impacts on Zvezdarska forest include: the devastation of forests, inappropriate use, uncontrolled building construction, discharge of waste waters from illegal constructions on the forest land, the creation of municipal and construction waste landfills, inadequate cultivation and maintenance, as well as the disabled connection with the surrounding green surfaces.

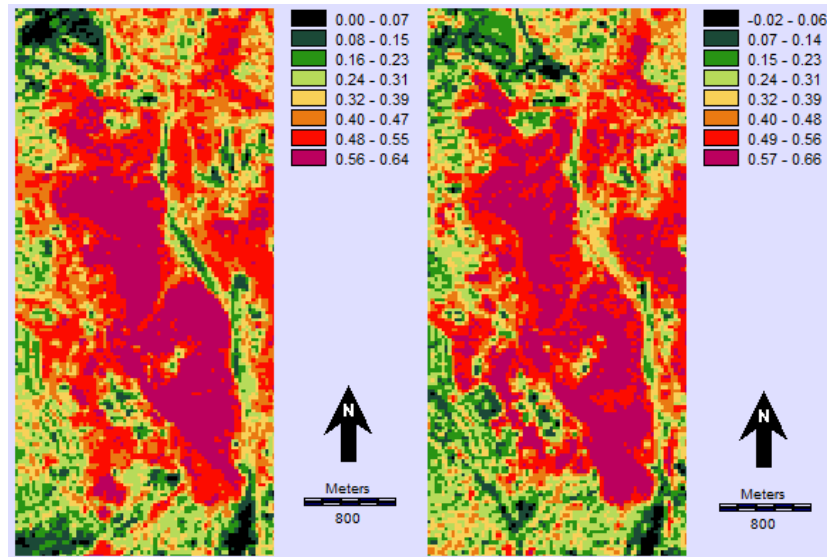
Unresolved property relations and illegal constructions have a direct impact on the area of Zvezdarska forest. Analysis of cadastral data indicates a high degree of fragmentation of the terrain, lots of different forms of ownership, outstanding shares in the property and a large number of stakeholders in a protected area (Stavretović N., et al., 2010). Existing planning documents for Zvezdarska forest are repealed, and the Plan of detailed regulation has been expected for a very long time.

On the researched area are present natural-anthropogenic forms of devastation of the environment. The part of the Zvezdara hill towards the Danube River has been formed by the work of water erosion, and modified by the slope processes. These degradative processes are backed by illegal construction of facilities that leads to the overload of the unstable slopes. Also, that forest zone doesn't have a regulated surface water run-off. Because of the landslide process, that part of Zvezdarska forest has a characteristic appearance of „drunken forest“.

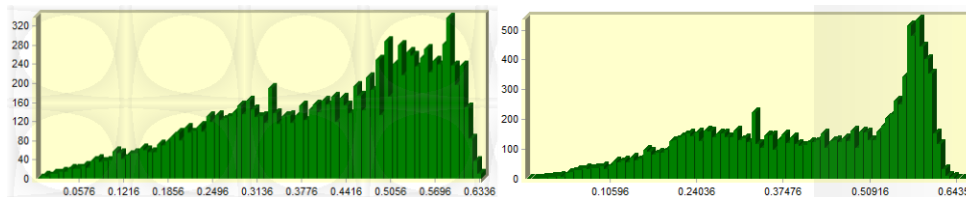
NDVI index analysis of the relevant areas

NDVI index maps of the subject areas were made by editing the corresponding satellite image segments in the software *Idrisi Selva*. The comparison of the situation registered on 11 May 1986 and 14 June 2010, clearly showed changes in the shape, structure and vitality of the forest areas of Košutnjak and Zvezdara. As previously mentioned, the values from -1 to 0.1 correspond to areas without vegetation. Higher values correspond to areas under certain forms of vegetation cover. Whereby the values of over 0.55 correspond to the dominant forest vegetation.

It can be noticed that in the central and eastern zone of Košutnjak complex values of NDVI index were lowered. In the zones around the heavily exploited roads, and in the immediate surroundings of the popular tourist locations, the loss of vitality of dendroflora is detected. In contrast, the northern and the southern part of the complex underwent through a progradation process. This was contributed by the full implementation of care measures and maintenance of forest stands, but also by reduced pollution of the local environment, due to reduced production in the surrounding industrial plants. In addition, it should be pointed out that over the past few decades there hasn't been a significant change in the size of the forested area of Košutnjak.

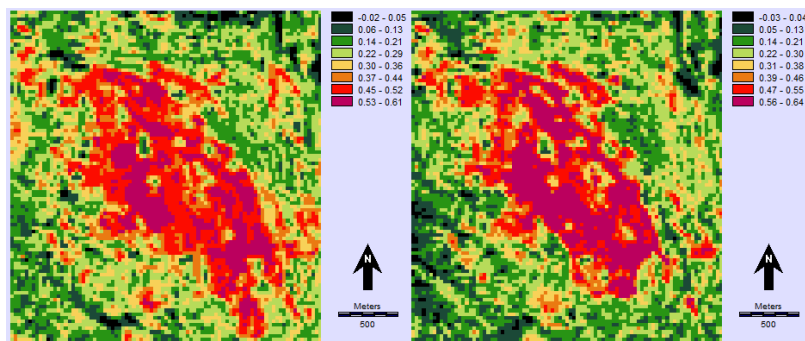


Picture 2. NDVI index maps for the area of Košutnjak forest – in the spring of 1986 and 2010



Picture 3. Histograms of NDVI index values for the area of Košutnjak forest – in the spring of 1986 and 2010

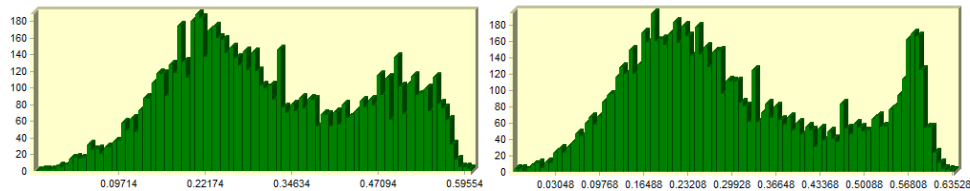
Although the average value of NDVI index in both cases are almost identical – approximately 0.41, the graphs are showing some differences in the distribution of frequencies of the corresponding values. It can be noticed the reduced participation of index values ranging from 0.4 to 0.5 (vegetation of shrubs and trees), due to the reduction of small green zones and corridors in the settlements on the east side of the forest. On the other hand, there is noticeably elevated share of values ranging from 0.6 to 0.66 (high trees), which indicates improvement of the situation in individual sectors of the complex.



Picture 4. NDVI index maps for the area of Zvezdarska forest – in the spring of 1986 and 2010

The area of Zvezdarska forest underwent changes that affected the shape and structure of this complex. These changes represent the result of the deforestation process, i.e. reducing the area of the park forest due to expansion of residential zones. This kind of devastation of vegetation cover is particularly evident in its southern zone and it has happened due to the dynamic expansion of the settlement Mirijevo 1. Loss of vegetation cover can be noticed in the central area of the complex where, as mentioned earlier, in recent decades many buildings were illegally built. On the other hand, the western and northeastern zone of Zvezdarska forest, underwent through a progradation process. It is particularly important to implement appropriate protection measures to maintain those sectors stability and prevent all negative intrusions.

Unlike Košutnjak, which is surrounded by other smaller green areas, Zvezdarska forest was and still is completely physically and functionally isolated. In the future, the main task should be the formation of green corridors that will connect this important and endangered ecosystem to other similar areas.



Picture 5. Histograms of NDVI index values for the area of Košutnjak forest – in the spring of 1986 and 2010

The average value of NDVI index was slightly decreased (from 0.32 to 0.3), but as in the previous case there are noticeable differences in the distribution of frequencies of the corresponding values. The lowest index values were slightly elevated, due to the lower quality of the local environment. The values in the range of 0.4 to 0.55 were reduced, due to the loss of vitality of vegetation cover in the immediate surrounding of technogenic structures. In contrast, the values in the range of from 0.57 to 0.63 were increased. This happened due to the improvement of the state in the western zone of this ecosystem.

Protection and management system

Placing the forest complexes of Košutnjak and Zvezdara under the protection enabled the preservation of the integrity of their habitats, the establishment of functionality and smooth progress of the succession process (Stavretović N., et al., 2010). The most vulnerable zones in the forests are marginal zones with illegally constructed buildings and open areas inside the forests, that facilitate the entrance of negative impacts to ecosystems.

Long-term destructive anthropogenic impact (illegal lumbering, negligent behavior of visitors, etc.) has disrupted the natural values of Košutnjak forest. In the forest complex invasive species of dendroflora are spreading, while the rejuvenation of ecologically important species of oak (*Quercus robur*, *Quercus cerris*) is missing, which leads to a reduction of biodiversity. In addition, poor health of trees in some zones of the park forest, and the presence of devastated zones is detected (Vukin M., 2008; Srđević B. & Lakićević M., 2011).

In some parts of Zvezdarska forest there is a noticeable breeding disrepair and absenteeism of the care measures. However, the largest part of the complex still has the ability to restore the potential forest vegetation. The most vital part of Zvezdarska forest is deciduous forest bordered on the upper side by a fence of the Observatory, and by the zone of intensive housing and construction on the southwest. Second in importance is the area on the northern slopes of the Zvezdara hill, because of their importance in stopping the erosion

and the presence of structures associated with nature (Stavretović N., et al., 2010).

From the botanical point of view we can say that the stability and functionality of both forest ecosystems is partially disrupted. In addition to prevention of construction, it is necessary to prohibit the disposal of waste spreading around the gardens of houses and restaurants, and limit the internal traffic at certain intervals of a day.

The most important factors that have negative impact on entire faunas of the subject areas are pollution, degradation and fragmentation of habitats through the expansion of facilities and infrastructure. Occasional or constant presence of man causes irreversible changes in ecosystems.

Within the borders of the researched protected areas – nature monuments the following activities are legally prohibited: change of land use, the performance of construction and forestry work that could endanger the value of the protected area; industrial, infrastructural and hydro-technical constructions; lumbering inside the forest; endangering the vegetation (felling of trees and shrubs except for the old and sick, breaking branches, damaging the bark and root system, nailing boards on trees); removal of shrubby vegetation (important for fauna); introduction of invasive allochthonous species; destruction, dispersal and collection of protected plant and animal species; starting campfires outside of a defined zones; entrance of motor vehicles; waste disposal; discharge of waste waters; construction of surface infrastructure; use of hazardous substances; introduction of sources of intense light and noise, etc.

Activities that are subjected to the limitation are: reconstruction of existing facilities and infrastructure; exploitation of mineral resources; replacement of allochthonous species with autochthonous; planting of conifers; reducing shrubs and herbaceous vegetation (where necessary for the restoration of trees and shrubs); forest thinning; collection of plants and fruits; use of space for recreation; reconstruction of pedestrian and bicycle paths; setting up information boards; implementation of care measures (land reclamation); application of biological measures for protection against plant diseases and pests; implementation of fire protection measures, etc.

Managers of the researched nature monuments have obligations to manage the protected natural areas; coordinate the activities of users and visitors; mark the boundaries of a protected zones; bring medium-term and long-term plans; bring the Act on the internal order; organize guard service; ensure the implementation of inspection supervision; obtain opinions and approvals from the relevant institutions and organizations; provide fundings (Lukić D., et al., 2012).

Conclusion

The recently protected forest areas of Košutnjak and Zvezdara represent important regulators of environmental quality and refuge habitats for many species of flora and fauna in the urban structure of Belgrade. In the immediate surroundings of Košutnjak forest are located residential zones, industrial and infrastructural facilities. However, there is a preserved direct and indirect connection of this ecosystem with other natural or semi-natural areas. The presence of ecological corridors has influenced the conservation of biodiversity in this area. In contrast, Zvezdarska forest is completely physically and functionally isolated from other green spaces. Its area was markedly reduced over the past few decades due to unplanned expansion of settlements and inadequate management regime. Both of these ecosystems are exposed to various pressures of the activities and processes that take place inside their structures.

Application of remote sensing, i.e. NDVI index analysis enabled the registration of changes in the state and structure of these forest ecosystems. Calculation of the quantitative parameters provided insight into the intensity, but also the consequences of progradative and degradative processes that have shaped these areas over the past few decades. A key step in

adequate protection of these valuable forest areas is a strict prohibition on further expansion of facilities and infrastructure in the protection zones. Managers have the greatest responsibility and they should continuously control all the activities of users and visitors and act preventively through the implementation of the established protection measures and guard service activities.

References:

- Vukin, M. (2008). State and perspective of the protection of general nature reserve of common oak and hornbeam in Košutnjak forest. *Šumarstvo*, 60 (1-2), 53-65.
- Vukin, M., Milojković, D. i Živanović, M. (2013). Ekološki potencijali nekih šumskih kompleksa na području Beograda u funkciji unapređenja stanja životne sredine. *Šumarstvo*, (3-4) 175-191.
- Đurđić, S. (2012). Ekološke i biogeografske posledice procesa fragmentacije. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, XCII (1), 161-170.
- Đurđić, S. (2010). Biogeografska utemeljenost formiranja mreža zaštićenih prostora. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 90 (4), 147-152.
- Đurđić, S. (2009). Konzervaciona biogeografija – savremeni naučni doprinosi biogeografije unapređenju zaštite prirode. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 89 (4), 311-320.
- Jovanović, S., Stojanović, V., Lazarević, P., Jelić, I., Vukojičić, S. i Jakovljević, K. (2014). Flora of Belgrade surroundings (Serbia) 150 years after Pančić's monograph – a comparative overview. *Botanica SERBICA*, 38 (2), 201-207.
- Jordan, C.F. (1969). Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. *Ecology*, 50, 663-666.
- Li, A., Wang, A., Liang, S. & Zhou, W. (2005). Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – A case study in the upper reaches of Minjiang River, China. *Ecological Modelling*, 192, 175-187.
- Lugonja, A. (2014). Sustainable tourism chance for development Bosnia and Herzegovina. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 94 (2), 31-44.
- Lukić, D., Andonović, M., Zatezalo, A., et al. (2012). *Studija zaštite Spomenika prirode „Šuma Košutnjak” – predlog za zaštitu*. Beograd: Zavod za zaštitu prirode Srbije.
- Lješević, M.A. (2003). Urboekološki aspekti planiranja gradskog predela. *Zbornik radova PMF – Geografski institut, Beograd*, (51), 23-38.
- Milovanović, B., Trikić, M., Jovanović, B. et al. (2010). *Studija zaštite Spomenika prirode „Miljkovačka šuma”*. Beograd: Zavod za zaštitu prirode Srbije.
- Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y. & Qiu, G. (2007). Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects: A Case Study in High-Density Cypress Forest. *Sensors*, 7 (11), 2636-2651.
- Pavlović, R. i Petrović, N. (2009). Održivo upravljanje park šumama Beograda. U „*Zbornik radova: Operacioni menadžment i globalna kriza*“. Beograd: Fakultet organizacionih nauka, Centar za operativni menadžment, Privredna komora Srbije.
- Srdević, B. i Lakićević, M. (2011). Primena analitičkog hijerarhijskog procesa u upravljanju predelima (Studija slučaja park šume Košutnjak). *Glasnik Srpskog geografskog društva*, XCI (1), 51-64.
- Stavretović, N., Trikić, M., Ostojić, D., et al. (2010). *Studija zaštite Spomenika prirode „Zvezdarska šuma”*. Beograd: Zavod za zaštitu prirode Srbije.
- Stojković, S., Đurđić, S. i Anđelković, G. (2015). Primena višekriterijumske analize i GIS-a u razvoju ekoturizma (Studija slučaja: Podunavlje, Srbija). *Glasnik Srpskog geografskog društva*, XCV (1), 51-66.
- Store, R., Jokimaki, J. (2003). A GIS-based multi-scale approach to habitat suitability modeling. *Ecol. Model*, 169 (1), 1-15.
- Tošić, D., Krunic, N. i Nevenić, M. (2008). Istraživanja prostorne strukture održivog grada – quo vadis. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, LXXXVIII (2), 35-44.
- Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127-150.
- Tucker, C.J., Vanpraet, C.L., Sharman, M.J. & Ittersum, V.G. (1985). Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the Senegalese Sahel – 1980-1984. *Remote Sensing of Environment*, 17, 233-249.
- Tyrvaäinen, L. & Miettinen A. (2000). Property Prices and Urban Forest Amenities. *Journal of Environmental Economics and Management*, 39, 205-223.
- Filipović, D. i Đurđić, S. (2005). *Osnovi ekologije – Praktikum*. Beograd: Geografski fakultet.
- Filipović, D. i Obradović, D. (2004). Specifičnosti u izradi studija uticaja gradskih magistralnih saobraćajnica na životnu sredinu. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, LXXXIV (2), 147-156.
- Štetić, S. i Šimčević, D. (2009). Značaj specifičnih geoprostora u gradskim turističkim centrima. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, LXXXIX (1), 95-101.
- Weier, J., Herring, D. (2000). *Measuring Vegetation (NDVI+EVI)*. NASA.

АНТРОПОГЕНИ УТИЦАЈИ НА СТАБИЛНОСТ ШУМСКИХ ЕКОСИСТЕМА БЕОГРАДА – УПОРЕДНА АНАЛИЗА ШУМЕ КОШУТЊАК И ЗВЕЗДАРСКЕ ШУМЕ

ДРАГАНА РАШКОВИЋ¹

¹Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски трг 3/3, 11000 Београд, Србија

Сажетак: У овом раду биће анализирано еколошко стање онедавно заштићених шумских подручја Београда – Шуме Кошутњак и Звездарске шуме. Услед специфичног положаја у унутрашњости урбане структуре, парк шуме су изложене високом степену загађења и деградације пореклом из антропогених извора. Овим радом ће бити обухваћени сви присутни облици угрожавања стабилности ових екосистема, како у њиховом непосредном окружењу, тако и у оквирима њихових граница. У циљу што јаснијег представљања девастирајућег антропогеног утицаја, на анализираних шумских екосистема биће извршена теледетекциона анализа NDVI индекса одговарајућих исечака сателитских снимака, како би се увиделе разлике стања вегетационог покривача регистрованог 1986. и 2010. године. У складу са потребом за ефикасним системом управљања угроженим природним добрима у структури града, на крају ће бити представљене конкретне мере заштите, чијом континуираном применом може доћи до проградације стања ових осетљивих подручја.

Кључне речи: градске шуме, антропогено загађење, фрагментација, NDVI, заштита, управљање

Увод

Парк шуме представљају основне структурне елементе система градског зеленила. Оне могу имати сличне композиционе односе као и сваки други парк (визуре, стазе и др.), с тим што у њима доминирају природнији мотиви. Најповољнији су шумски екосистеми мешовитог састава дендрофлоре које карактерише добро биолошко стање вегетације и прилагођеност еколошким условима датог подручја. Величина и структура одређене парк шуме директно зависе од урбанистичких услова (величине и структуре насеља), природних услова на датом простору и њеног положаја у односу на саобраћајне коридоре. За веће градове, оквирни норматив за ову категорију зелених површина износи 800 m² по посетиоцу (Филиповић Д. и Ђурђић С., 2005).

На територији Београда се под шумама налази укупно 38865,92 ha површине (Вукин М., Милојковић Д. и Живановић М., 2013). У његовом урбаном језгру лоцирано је на неколико законом заштићених шумских комплекса. У овом раду биће извршена упоредна анализа постојећих антропогених утицаја на еколошку стабилност две престоничке парк шуме – Шуме Кошутњак и Звездарске шуме. Ова зелена „острва“ окружена техногеним творевинама представљају кључне регулаторе квалитета локалне животне средине. Микроклима шуме повољно утиче на људски организам. Оптималне температуре у шуми, влажнији ваздух, смањен интензитет зрачења и измене ваздушних струјања погодују опоравку, одмору и рекреацији становништва (Павловић Р. и Петровић Н., 2009). Значајне су за ревитализацију градске средине и побољшање естетских норматива (Љешевић М.А., 2003). Шуме су и драгоцене еколошке фактор и природни ресурс Београда. Повољно утичу на уравнотежење климатских услова и очување биодиверзитета урбаног предела. Шумска флора и вегетација представљају својеврсне биофилтере који смањују ниво загађења атмосфере, кроз редуцирање присуства суспендованих честица, као и гасова са ефектом стаклене баште. Истовремено чине ефикасан систем заштите од акустичког загађења. Позитивно делују и на стабилизацију површинског и подземног отицања, заустављање ерозивних процеса и заштиту од поплава.

У односу на друге типове шумских предела, градске парк шуме су услед свог специфичног положаја и окружења изложене знатно вишем степену антропопресије.

Пројекти урбаног развоја могу узроковати негативне последице по њихове изворне вредности, па се ти аспекти морају узети у обзир у систему просторног и урбанистичког планирања. Шумски екосистеми су изложени континуираном процесу загађења и фрагментације, услед реализације других облика коришћења земљишта (Turtvainen L. & Miettinen A., 2000).

У циљу спречавања загађења, девастације и фрагментације шумских подручја Београда било је неопходно успоставити њихову законску заштиту као основу за адекватно управљање. Она подразумева континуирано планирање, мониторинг стања, предузимање мера за унапређење и развој, као и коришћење природних вредности подручја у складу са утврђеним мерама и прописима (Миловановић Б., и др, 2010). Урбаним шумским подручјима управља се првенствено ради заштите њихових природних вредности – биодиверзитета, мозаичности станишта и естетско-амбијенталне особености.

Методологија рада

Предмет овог рада представљају деградативни и проградативни антропогени утицаји на стабилност два заштићена шумска комплекса Београда – Шуму Кошутњак и Звездарску шуму. Циљ овог рада је да пружи допринос унапређењу интегралног система заштите и управљања градским шумама, због њиховог великог значаја за побољшање квалитета животне средине Београда.

У поступку рада примењиване су следеће научне методе: компаративна, аналитичко-синтезна, дедуктивна, дескриптивна, статистичка, класификациона, картографска и метода даљинске детекције. Процес истраживања обухватио је упознавање са доступном литературом и планском документацијом, интерпретацију топографских и тематских карата, анализу сателитских снимака и теренска истраживања животне средине анализираних шумских екосистема.

У доба интензивног развоја просторних технологија, даљинска детекција и ГИС су се утемељили као моћни алати за проучавање и оцену стања животне средине (StoreR. & Jokimaki J., 2003). Њихова комбинована примена не само да доприноси олакшаној вишестепеној и хијерархијски интегрисаној анализи природних ресурса и животне средине, већ и интегрише добијене податке, неопходне у поступку компаративне теоријске анализе екосистема (Li A., et al., 2005).

У циљу што јаснијег представљања положаја и структуре истраживаних подручја, израђене су њихове дигиталне картекоришћењем ГИС софтвера *GeoMedia Professional 6.1 (IntergraphCorporation)*. У поступку израде карата као основа су коришћени геореференцирани сателитски снимци. Ради што прецизније векторизације геопросторних елемената – граница заштићених комплекса коришћени су графички прилози из доступних студија Завода за заштиту природе Србије.

Анализа стања вегетационог покривача проучаваних парк шума, као и регистровање присутних облика загађења из антропогених извора извршено је обрадом сателитских снимака у ГИС софтверу *Idrisi Selva*. Коришћени су снимци сателита *Landsat 5*, добијени са ТМ сензора (Thematic Mapper) чија је површина снимања 185 x 185 km. Снимци су геореференцирани у *UTM-34n* референтном систему са *WGS84* датумом резолуције од 30 m. Како би се уочиле промене у структури и стабилности шумских екосистема које су се дешавале током претходних деценија упоредо су анализирани одговарајуће сателитске сцене начињене 1986. и 2010. године. Сви снимци су преузети са званичног сајта *USGS*-а (енг. *United States Geological Survey*). За анализу предметних подручја сателитске сцене из различитих година исечене су по следећим координатама:

Шума Кошутњак – X_{\min} 454100, X_{\max} 456400, Y_{\min} 4954800, Y_{\max} 4959700;
Звездарска шума – X_{\min} 459900, X_{\max} 462500, Y_{\min} 4959900, Y_{\max} 4962700.

За даљинско истраживање шумских екосистема и њиховог окружења употребљен је оптималан количник вегетационог индекса (NDVI). Он се добија комбиновањем блиско инфрацрвеног (0,7-1,1 μm) и црвеног (0,4-0,7 μm) спектралног канала, када се разлика спектралних опсега подели њиховим збиром дајући вредност од -1 до 1 (Tucker C.J., et al., 1985):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR}-\text{Red}) / (\text{NIR}+\text{Red})$$

NDVI је постао глобално прихваћен вегетациони индекс, захваљујући односу параметара који омогућава елиминацију великог броја сметњи узрокованих променама угла сунчевог зрачења, топографије, облачности или засенчења, као и атмосферских услова (Matsushita B., et al., 2007).

NDVI представља једноставан начин да се измери продуктивност вегетационог покривача, односно степен озелењености одређеног терена (Tucker C.J., 1979). Услед присуства фотосинтетског зеленог пигмента – хлорофила, биљке апсорбују зраке таласних дужина у опсегу црвеног канала (видљива светлост), док истовремено рефлектују оне који припадају блиско инфрацрвеном зрачењу (Jordan C.F., 1969). Због тога се више вредности региструју тамо где је вегетациони покривач развијен и густ. Најниже вредности NDVI-а (од -1 до 0,1) се региструју на местима где нема вегетације, односно где доминирају техногене творевине и зоне изложене антропогеном загађењу и деградацији. Исто тако могу да означавају и водене површине, терене са огољеним стенама, или терене под снегом и ледом. Умерене вредности (од 0,2 до 0,3) одговарају травнатој и жбунастој вегетацији, док вредности преко 0,6 одговарају вегетацији високог дрвећа (Weier J. & Herring D., 2000). Пошто је овај индекс базиран на спектралном мерењу фотосинтезе, његова вредност је виша током пролећа и лета, а нижа током јесени и зиме. Због тога су у овом раду коришћени сателитски снимци начињени крајем пролећа 1986., односно 2010. године, када је вегетациони покривач оптимално развијен. Приликом избора доступних снимака, водило се рачуна о томе да временски размак између дана њихових снимања буде најмањи могући. Резултат геопросторне анализе и истраживања представљају израђене карте класа NDVI индекса предметних подручја.

Основне одлике истраживаних градских шума

Шума Кошутњак је смештена у оквиру културно-историјске целине Топчидер, на територији београдских општина Чукарица и Раковица. Налази се изнад леве обале Топчидерске реке, на пространој заравни, на коју се настављају падине испресецане мањим долинама (Лукић Д., и др, 2012). Звездарска шума се налази у северној зони истоимене београдске општине. Смештена је на истакнутом узвишењу (254 m н.в.) на десној обали Дунава.

Уз влажне биотопе Великог ратног острва и леве обале Дунава, Кошутњак је једини остатак са аутохтоном шумском вегетацијом у густонасељеној структури града (Лукић Д., и др, 2012). Овакав однос према урбаној средини има и Звездарска шума, али је она, за разлику од Кошутњака, сађена шума. Падине Звездарског брда пошумљене су тек након Другог светског рата (Ставретовић Н., и др, 2010). Оба шумска екосистема су претежно лишћарског типа, са малим уделом четинара. У Шуми Кошутњак највећи простор заузимају заједнице липе, граба, цера и лужњака

(*Tilio-Carpino-Quercetum robori-cerridis*) (Лукић Д., и др, 2012). У оквиру Звездарске шуме доминирају мешовити засади храста лужњака (*Quercus robur*), јавора (*Acer*) и јасена (*Fraxinus*) (Старетовић Н., и др, 2010).

Шумска подручја унутар града имају посебну вредност као рефугијална станишта флоре и фауне и простори од значаја за обнављање врста и очување целовитости и намене површина, као и за унапређење квалитета урбане средине (Миловановић Б., и др, 2010). У оквиру Шуме Кошутњак забележено је присуство чак 521 биљне врсте, што овај шумски комплекс поставља на треће место природних и делимично измењених станишта Београда (иза Авале и Космаја) по критеријуму разноврсности васкуларне флоре (Јовановић С., и др, 2014). Флора Звездарске шуме је услед специфичног окружења и структуре знатно скромнија – обухвата 136 врста (Старетовић Н., и др, 2010).

Градске шуме су посебно важне за заштиту и очување разноврсности фауне на територији Београда. У Табели 1 представљени су релевантни подаци Завода за заштиту природе Србије о биодиверзитету истраживаних подручја – о укупном броју регистрованих врста унутар одговарајућих царстава и класа, као и броју врста које су заштићене националном и/или међународном легислативом. С обзиром да фауна Звездарске шуме није систематизовано проучавана, уочава се недостатак кључних података о њеној разноврсности.

Табела 1. Биодиверзитет заштићених парк шума

Валоризацијом је утврђено да природна добра Шума Кошутњак и Звездарска шума заслужују статус заштићених природних добара треће (III) категорије. Привремени орган града Београда је 29. новембра 2013. године донео Решење о проглашењу Споменика природе „Звездарска шума“, док је 11. априла 2014. године усвојено Решење о проглашењу Споменика природе „Шума Кошутњак“. За Управљача првог проглашеног заштићеног подручја одређено је Јавно комунално предузеће „Зеленило Београд“, док је за Управљача другог заштићеног комплекса постављено Јавно предузеће „Србијашуме“ из Београда.

Слика 1. Карте заштићених природних добара – СП „Шума Кошутњак“ и СП „Звездарска шума“

На целокупном подручју Звездарске шуме (80,5 ha), као и на највећем делу комплекса Шуме Кошутњак (265 ha) заступљен је режим заштите трећег (III) степена. Режим II степена заштите дефинисан је за мањи део Кошутњака – простор Резервата шуме храста лужњака и граба код Хајдучке чесме заштићен 1981. године (3,5 ha) (Лукић Д., и др, 2012).

Антропогени утицаји на квалитет животне средине истраживаних подручја

Савремени урбаногеографски приступ изучавања просторних структура посматра град као кохерентан систем, просторно-временски изражен конзистентношћу природно-еколошке средине, становништва и функција, са јасно развијеном структуром коју карактеришу целовитост, компонентност, комплементарност, хијерархичност и интегративност (Тошић Д., Крунић Н. и Невенић М., 2008). Градски предео је одржив и стабилан само онда када влада хомеостаза природних и техногених компоненти његове структуре. У том контексту посебну вредност Београда представљају његова шумска подручја.

Процес урбаног развоја узрокује фрагментацију предела, која неминовно условљава фрагментацију станишта. Просторно одвојени делови некада компактних

станишта, чине својеврсне елементе у окружењу сасвим другачијих екосистемских одлика од аутохтоног стања. Фрагментација станишта изазива општи поремећај у просторном обухвату еколошких процеса. Она отежава процес дисперзије таксона, њихову физичку и функционалну комуникацију и ствара повољне услове за интензивирање процеса изолованости. Приоритет у заштити природних екосистема представља повећавање квалитета станишта насталих фрагментацијом и формирање еколошких коридора између њих (Ђурђић С., 2009; 2010; 2012).

Шумски екосистеми Београда претрпели су значајне модификације, услед дуготрајног и динамичног процеса урбаног развоја. Након Другог светског рата, услед нагле урбанизације и ширења насеља, дошло је до делимичног „опкољавања“ екосистема Шуме Кошутњак. Са свих страна формирана су насеља: Баново Брдо на западу, Раковица на југу и Миљаковац на југоистоку (Лукић Д., и др, 2012). У истом периоду на територији општина Чукарица и Раковица долази до интензивирања процеса индустријализације.

У непосредном окружењу овог комплекса лоциране су различите техногене структуре: уз његову источну и североисточну границу протежусе железнички коридор (пруга Београд – Ниш отворена 1884. године) и Булевар Патријарха Павла, на југоистоку је лоцирано постројење „ИМП – Раковица“, а уз западну границу пружа се Улица Кнеза Вишеслава.

У циљу побољшања квалитета животне средине ширег подручја, као и очувања локалне и регионалне биолошке разноврсности посебно је важно неговати постојеће еколошке коридоре који чине директну везу Кошутњака са Топчидером и Хајд парком, односно посредну везу са Адом Циганлијом, Бањичком и Миљаковачком шумом, као и Авалом, даље према југоистоку.

За разлику од Кошутњака, Звездарска шума је са свих страна стешњена градским ткивом, услед чега има карактеристичан неправилан облик. Падине испод Звездарског брда, окренуте ка Новом гробљу и Карабурми насељене су у периоду између два светска рата, пре пошумљавања овог терена (Ставретић Н., и др, 2010). Касније су се значајно проширила насеља на североистоку и истоку (Карабурма), а затим и на југу предметног простора (Миријево). Североисточном и источном границом Звездарске шуме протеже се саобраћајница I реда – Улица Драгослава Срејовића. Све остале саобраћајнице припадају секундарној уличној мрежи. Волгина улица просеца читав шумски комплекс од Улице Драгослава Срејовића до Улице Милана Ракића.

Приликом планирања градског простора потребно је поштовати еколошке норме и урбанистичким и другим решењима подићи еколошку, урбану, естетску и економску вредност (Филиповић Д. и Обрадовић Д., 2004). Градске парк шуме су изложене различитим антропогеним процесима који условљавају њихово загађење, али и деградацију целокупних екосистема.

У непосредном окружењу Шуме Кошутњак доминантни извори загађења су: интензиван саобраћај (нарочито у споредним, уским улицама на већим нагибима), Индустрија шпиритуса и квасца „Врење“, НИС *Југопетрол инсталација Београд*, Завод за израду новчаница и кованог новца, отпадне воде из насеља и са пољопривредних површина, дивља сметлишта (комунални, индустријски, грађевински отпад), сагоревање фосилних горива у котларницама и индивидуалним ложиштима и др. Посебан проблем за шумски екосистем представља вишегодишње прекорачење дозвољеног нивоа буке, који је последица интензивног саобраћаја на прометним путним трасама које се граниче са њим (Лукић Д., и др, 2012).

Парк шуме представљају значајне туристичке дестинације унутар великих градова. Њихова улога се може посматрати троструко – са естетског, здравственог и рекреативног аспекта повећавања укупног квалитета боравка посетилаца (Штетић С.

и Симчевић Д., 2009). Међутим, у оквирима заштићених подручја неопходна је реализација одрживог приступа туризму, заснованог на развоју квалитетне туристичке понуде без негативних утицаја на природну и културну средину коју одражава и негује (Лугоња А., 2014; Стојковић С., Ђурђић С. и Анђелковић Г., 2015). Туристичко-угоститељски и спортско-рекреативни центри, као и други услужни објекти лоцирани на ободу Шуме Кошутњак и у њеној унутрашњости директно узурпирају шумске биоценозе и представљају потенцијалну опасност за одржавање природне равнотеже. Неусаглашени облици коришћења простора и намене површина узроковали су деградацију екосистема који их окружују. Због тога је потребно просторно и временски ограничити туристичка кретања и контролисати активности посетилаца у границама заштићеног добра.

Потенцијално угрожене зоне Шуме Кошутњак обухватају њен јужни и источни део. Источно и североисточно од Црнојевићеве улице лоциран је део шумског екосистема који се директно граничи са урбаним ткивом Раковице. На простору између Црнојевићеве и Врбничке улице постоји више неплански подигнутих објеката старе градње (Лукић Д., и др, 2012). Неопходно је строго забранити изградњу нових објеката, пошто би услед великог пада терена могло да дође до појаве падинских процеса који би директно угрозили заштићено подручје. Источно од шумског подручја, у зони објеката Јавног предузећа „Железнице Србије“ постоји проблем са неуређеним и запуштеним зеленилом, као и лошом комуналном хигијеном. Приоритетан задатак у поступку планирања коришћења и уређења ове локације представља заштита шумског подручја које се са њим граничи.

Звездарска шума представља секундарни екосистем, чији је изворни карактер драстично измењен антропогеном активношћу. Укупна површина намењена парк шуми Звездара је током претходних 50 година знатно смањена. Само у току претходних 38 година активна површина шумских екосистема смањена је за 10%. Процес урбанизације, уношење алохтоних врста, као и просецање и изградња објеката инфраструктуре, утицали су на промене у структури шуме и на еколошку равнотежу станишта (Ставретић Н., и др, 2010).

На ширем простору око Звездарске шуме константно је присутно аерозагађење, бука, угрожавање квалитета површинских и подземних вода и биосфере. Доминантни извори загађења су емисије загађујућих материја из стационарних и мобилних извора, као и бука од саобраћајница. Негативни антропогени утицаји на Звездарску шуму обухватају: девастацију шуме, неадекватно коришћење, неконтролисано изградњу објеката, изливање отпадних вода из бесправно подигнутих објеката директно у шумско земљиште, стварање депонија грађевинског и комуналног отпада, неадекватно гајење и одржавање, као и онемогућену повезаност шуме са околним зеленим површинама.

Директан утицај на простор Звездарске шуме имају нерешени имовинско-правни односи и бесправна градња. Анализа катастарских података указује на висок степен фрагментисаности терена, мноштво својинских облика, нерешене уделе у власништву и велики број заинтересованих страна на заштићеном подручју (Ставретић Н., и др, 2010). Постојећа планска документација за простор Звездарске шуме је стављена ван снаге, а већ дуго се очекује доношење Плана детаљне регулације.

На предметном простору присутни су и природно-антропогени облици девастације животне средине. Део падине Звездаре према Дунаву обликован је радом водне ерозије, а модификован је падинским процесима – спирањем, клижењем тла и јаружањем. Ови деградативни процеси потпомогнути су непланском изградњом објеката који доводе до оптерећења нестабилних падина. Такође, терен је у поменутој зони комунално неопремљен у смислу регулације отицања атмосферских вода. Услед

процеса клижења тла, Звездарска шума на овом простору има карактеристичан изглед „пијане шуме“.

Анализа NDVI индекса предметних површина

Обрадом одговарајућих исечака сателитских снимака у софтверу *Idrisi Selva* израђене су карте NDVI индекса предметних површина. Поређењем стања од 11.05.1986. године са стањем 14.06.2010. године јасно се уочавају промене облика, структуре и виталности шумских подручја Кошутњака и Звездаре. Како је раније наглашено, вредности од -1 до 0,1 одговарају површинама без вегетације. Више вредности одговарају површинама под одређеним облицима вегетационог покривача. При чему вредности преко 0,55 одговарају доминантно дрвенастој вегетацији.

Слика 2. Карте NDVI индекса за простор Шуме Кошутњак – пролеће 1986. и 2010. године

За простор Шуме Кошутњак карактеристично је снижавање вредности NDVI индекса у централној и источној зони комплекса. У појасевима око саобраћајница које се интензивно експлоатишу, али и у непосредном окружењу прометних туристичко-гоститељских објеката, уочава се губитак виталности дендрофлоре. Насупрот томе, у северном и крајњем јужном делу комплекса дошло је до проградације стања. Томе је допринела адекватна примена мера неге и одржавања шумских састојина, али и смањење загађења локалне животне средине, услед смањене производње у околним индустријским постројењима. Поред наведеног, треба нагласити да у случају Шуме Кошутњак током претходних деценија није дошло до значајнијих промена у величини пошумљеног подручја.

Слика 3. Хистограми учесталости вредности NDVI индекса за простор Шуме Кошутњак – пролеће 1986. и 2010. године

Према је просечна вредност NDVI индекса у оба случаја готово једнака – износи приближно 0,41, на графиконима се уочавају разлике у дистрибуцији фреквенција одговарајућих вредности. Снижено је учешће вредности индекса у распону од 0,4 до 0,5 (жбунасто-дрвенаста вегетација), услед смањивања мањих зелених површина и коридора у склопу насеља са источне стране Шуме. Са друге стране приметно је повишено учешће вредности у опсегу од 0,6 до 0,66 (високо дрвеће), што указује на поменуто побољшање стања у појединим секторима комплекса.

Слика 4. Карте NDVI индекса за простор Звездарске шуме и пролеће 1986. и 2010. године

Простор Звездарске шуме претрпео је промене које су се одразиле на облик и структуру овог комплекса. Те промене су последица процеса дефорестације, тј. смањења површине парк шуме на рачун ширења зона становања. Овај вид девастације вегетационог покривача је посебно изражен у њеној јужној зони и настао је услед динамичног ширења насеља Миријево 1. Губитак вегетационог покривача се уочава и у централној зони комплекса где су, како је раније напоменуто, последњих деценија бесправно подигнути бројни објекти. Са друге стране, у западној и североисточној зони Звездарске шуме дошло је до проградације стања. Посебно је важно да се применом одговарајућих мера заштите очува стабилност тих сектора и спречи улазак негативних утицаја.

За разлику од Кошутњака, који је окружен другим, мањим зеленим површинама, Звездарска шума је била и остала потпуно физички и функционално изолована. У будућности би требало радити да формирању зелених коридора који ће

повезати овај значајан и угрожен екосистем са другим сличним подручјима.

Слика 5. Хистограми учесталости вредности NDVI индекса за простор Звездарске шуме – пролеће 1986. и 2010. године

Средња вредност NDVI индекса се незнатно снизила (са 0,32 на 0,3), али се и у овом случају примећују разлике у дистрибуцији фреквенција одговарајућих вредности. Најниже вредности индекса су благо повишене, услед нешто лошијег квалитета локалне животне средине. Вредности у опсегу од 0,4 до 0,55 су снижене, услед губитка виталности вегетационог покривача у непосредном окружењу техногених структура. Насупрот томе, повећане су вредности у распону од 0,57 до 0,63. То је последица побољшања стања у западној зони овог екосистема.

Систем заштите и управљања

Стављањем под заштиту шумских комплекса Кошутњака и Звездаре омогућава се очување целовитости њихових станишта, успостављање функционалности и неометано одвијање процеса сукцесије (Ставретовић Н., и др, 2010). Најугроженије целине ових подручја су рубне зоне са неплански изграђеним објектима и отворена места у самим шумама, која олакшавају улаз негативних утицаја у екосистеме.

Дуготрајни деструктивни утицај човека (бесправна сеча, несавесно понашање посетилаца и сл.) утицао је да се изворне природне вредности Кошутњака наруше. У шумском комплексу све је присутније ширење инвазивних дрвенастих врста, уз истовремено одсуство подмлађивања еколошки значајних врста из рода храстова (*Quercus robur*, *Quercus cerris*), што доводи до смањења биодиверзитета. Поред тога, уочено је и лоше здравствено стање дрвећа у појединим деловима парк шуме, као и постојање девастираних зона (Вукин М., 2008; Срђевић Б. и Лакићевић М., 2011).

У оквиру Звездарске шуме приметна је узгојна запуштеност и изостајање мера неге. Међутим, највећи део комплекса и данас поседује могућност за враћање потенцијалне шумске вегетације. Највиталнији део Звездарске шуме је листопадна шума која је са горње стране оивичена оградом Опсерваторије, а на југозападу зоном становања и интензивне градње. За њом следе шуме на северним падинама Звездаре, због њиховог значаја у заустављању ерозије и структуре блиске природи (Ставретовић Н., и др, 2010).

Са флористичког аспекта може се рећи да је стабилност и функционалност оба шумска екосистема делимично нарушена. Осим спречавања градње, неопходно је забранити депоновање отпада, ширење башта око викендица и угоститељских објеката, и у одређеним временским интервалима ограничити интерни моторни саобраћај.

Најизраженији ургожавајући фактори за целокупну фауну предметних подручја су загађење, деградација и фрагментација станишта кроз ширење објеката и инфраструктуре. Повремено или стално присуство човека узрокује неповратне промене унутар екосистема.

У оквирима истраживаних заштићених подручја – споменика природе законом су забрањене следеће активности: промена намене површина; извођење земљаних, грађевинских и шумарских радова који могу да угрозе вредности заштићеног простора; изградња објеката (индустријских, инфраструктурних, хидротехничких); просецање и огољавање шумског простора; угрожавање вегетације (сеча дрвећа и шибља изузев старог и болесног, ломљење грана, оштећивање коре и кореновог система, укуцавање табли на стаблима); уклањање жбунастог растиња (значајно за шумску фауну); уношење инвазивних и алохтоних врста; уништавање,

растеривање и сакупљање заштићених биљних и животињских врста; ложење ватре на местима која зато нису предвиђена; улазак моторних возила; депоновање отпада; испуштање отпадних вода, изградња надземне инфраструктуре; руковање опасним супстанцама; уношење извора јаке светлости и буке и др.

Активности које су подложне ограничавању су: реконструкција постојећих објеката и инфраструктуре; експлоатација минералних сировина; замена алохтоних врста аутохтоним; уношење четинара; редуковање жбунастог и приземног спрата (где је то неопходно за обнављање дендрофлоре); проредна сеча; сакупљање биљака и плодова; коришћење простора за рекреацију; уређења пешачких и бициклистичких стаза; постављање информативних табли; примена узгојних радова (мелиорације); примена биолошких мера заштите од биљних болести и штеточина; спровођење мера противпожарне заштите и др.

Управљачи истраживаних споменика природе имају обавезе да управљај у заштићеним природним добрима; координирају активности корисника и посетилаца; обележе границе заштићеног природног добра; доносе средњерочне и дугорочне планове; донесу Акт о унутрашњем реду; организују чуварску службу; обезбеђују спровођење мера инспекцијског надзора; прибављају мишљења и сагласности надлежних интитуција и организација; обезбеђују финансијска средства (Лукић Д., и др, 2012).

Закључак

Недавно заштићена шумска подручја Кошутњака и Звездаре представљају значајне регулаторе квалитета животне средине и рефугијална станишта за многе врсте флоре и фауне у урбаној структури Београда. У непосредном окружењу Шуме Кошутњак лоциране су зоне становања, индустријски и инфраструктурни објекти. Међутим, постоји и очувана директна и посредна веза овог екосистема са другим природним или природи блиским подручјима. Присуство еколошких коридора утицало је на очување биодиверзитета овог простора. Насупрот томе, Звездарска шума је урбаном градњом потпуно физички и функционално изолована од других зелених површина. Њена површина се приметно смањила, услед непланског ширења насеља и неадекватног режима управљања током претходних неколико деценија. Ови екосистеми трпе и различите притиске од активности и процеса који се одвијају у унутрашњости њихове структуре.

Применом даљинске детекције, односно анализом NDVI индекса региструју се промене у стању и структури ових шумских екосистема. Израчунати квантитативни параметри пружају увид у интензитет, али и последице деградативних и проградативних процеса који су током претходних деценија обликовали истраживане просторе. Кључни корак у адекватној заштити ових драгоцених подручја представља строга забрана даљег ширења објеката и инфраструктуре у зонама заштите. Управљачи имају највећу одговорност и надлежни су да реализацијом установљених мера заштите и делатношћу чуварских служби континуирано контролишу све активности корисника и посетилаца и превентивно делују на потенцијалне еколошке проблеме и конфликте.

Литературу видети на страни 205.