

Original scientific paper

UDC 711.143(497.11)
<https://doi.org/10.2298/GSGD2601333M>

Received: September 26, 2025

Corrected: December 26, 2025

Accepted: March 6, 2026

Ljiljana Mihajlović^{*}, Miroljub Milinčić^{*}, Danijela Vukoičić^{},
Dragan Petrović^{*}**

^{}University of Belgrade, Faculty of Geography, Belgrade, Serbia*

*^{**}University of Pristina with modern headquarters in Kosovska Mitrovica, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Department of Geography, Kosovska Mitrovica, Serbia*

GEOSPATIAL TRANSFORMATIONS OF LAND COVER USE IN THE PERI-URBAN ZONE OF BELGRADE: THE CASE OF THE MUNICIPALITY OF GROCKA

Abstract: Peri-urban zones are characterized by intensive spatial and functional transformations driven by the interplay of urban expansion, agricultural restructuring, and landscape change. As part of Belgrade's peri-urban belt, the Municipality of Grocka has undergone pronounced land-cover transformations, particularly along major transport corridors and in settlements with strong functional links to the metropolitan core. This study analyzes land-cover change in 1990–2018 using CORINE Land Cover (CLC) data and GIS-based spatial analysis, with emphasis on agricultural-to-built-up conversions and structural shifts within agricultural categories. The results indicate a decline of cultivated land and complex cultivation mosaics, alongside a continuous increase in residential and industrial/commercial land, reflecting sustained peri-urbanization pressures. To capture post-2018 spatial patterns, the long-term CLC assessment is complemented by a Sentinel-2–based 10 m land cover dataset (Esri / Impact Observatory), derived from Copernicus imagery for 2018 and 2024, used strictly as a supplementary snapshot of recent dynamics and internal heterogeneity rather than as a direct extension of the CLC time series. The findings highlight the complexity of peri-urban land-cover transformations and underscore the need for integrated spatial planning and agricultural land protection measures that balance development pressures with the preservation of productive land and landscape functions.

Keywords: land cover change, peri-urban zone, remote sensing data, geospatial analysis, Municipality of Grocka

¹ ljiljana.mihajlovic@gef.bg.ac.rs (corresponding author)
Ljiljana Mihajlović (<https://orcid.org/0000-0003-4022-8248>)
Miroljub Milinčić (<https://orcid.org/0009-0004-0003-9957>)
Danijela Vukoičić (<https://orcid.org/0000-0002-3139-1070>)
Dragan Petrović (<https://orcid.org/0000-0003-4097-0047>)

Introduction

The preservation and rational use of soil resources are fundamental to the functionality of agroecosystems, the spatial stability of rural areas, and long-term ecological sustainability (Bouma, 2014; FAO & ITPS, 2015). Land cover, as an integral element of the geospatial framework, reflects the dynamics of both natural and social processes (Milinčić et al., 2013), with its structure determined by the interaction between physical-geographical conditions, demographic trends, and economic activities (Foley et al., 2005; Keesstra et al., 2016).

Changes in land cover may result from urbanization, agricultural diversification, industrialization, and climate change (Mihajlović et al., 2024a), as well as socio-economic processes such as population redistribution, land-use conversion, or the restructuring and abandonment of agricultural production systems (IPBES, 2018; Rockström et al., 2021). In peri-urban zones, where urban and agricultural functions overlap spatially and functionally, these processes are particularly pronounced and often lead to accelerated land-use competition, progressive soil resource degradation, increased landscape fragmentation, and functional instability of agroecosystems (Gatarić & Đerčan, 2024; Simoncic et al., 2024).

In the context of Belgrade, peri-urban space is commonly understood as a transitional and heterogeneous zone shaped by intensive land-use competition, functional dependence on the urban core, and accelerated conversion of agricultural land under suburbanization pressures (Spalević, 2013; Gatarić & Đerčan, 2024). However, the delineation of peri-urban areas is neither uniform nor universally standardized, as it depends on the analytical criteria and spatial indicators applied. In this study, the peri-urban character is operationalized through a combination of three interrelated criteria: (i) functional linkage to the metropolitan core of Belgrade, (ii) dominant land-cover transition patterns—particularly agricultural-to-built-up conversions and internal restructuring of agricultural land, and (iii) demographic pressures reflected primarily in changes in household structure, ageing trends, and migration-driven population redistribution, rather than absolute population growth.

As a peri-urban area of Belgrade, the Municipality of Grocka represents a space where long-standing agricultural patterns intersect with dynamic urban influences, resulting in significant land-cover changes over recent decades. Historically recognized for viticulture and fruit growing, the area today faces pressures from urban expansion and the ongoing restructuring of agricultural activities, accompanied by partial land abandonment and functional transformation of rural space. The consequences are reflected in alterations of landscape structure, a reduction and fragmentation of productive agricultural land, and increasing spatial heterogeneity, posing challenges for land resource planning and management. At the same time, settlement-level geospatial analyses indicate pronounced internal differentiation within the municipality, revealing contrasting development trajectories between predominantly agricultural settlements and those undergoing rapid urbanization and functional restructuring (Mihajlović et al., 2026).

Understanding the spatial patterns and cause effect relationships of these changes in Grocka enables a better comprehension of the broader processes shaping peri-urban areas in Serbia and provides a foundation for developing measures aimed at protecting and improving agroecosystems (Spalević, 2013; Pejnović et al., 2015). Recent assessments of agricultural sustainability further demonstrate that land-cover change, demographic dynamics,

and infrastructural accessibility jointly condition spatial differentiation and functional vulnerability across settlements, underscoring the relevance of land-cover analysis as a methodological entry point in peri-urban research (Mihajlović et al., 2026).

The analysis of land cover using the CORINE Land Cover (CLC) database and GIS tools enables the quantification and cartographic representation of changes, as well as the linkage of transformation types with their causal factors (Bossard et al., 2000; Büttner, 2014; Mihajlović et al., 2024b). Within this analytical framework, CLC data are employed as a harmonized reference source for identifying long-term land cover trends (1990–2018), while the analysis is further complemented by a Sentinel-2–based 10 m land cover dataset (Esri / Impact Observatory), derived from Copernicus imagery for the period 2018–2024, in order to capture contemporary and short-term spatial dynamics characteristic of peri-urban environments.

Materials and Methods

The analysis of geospatial changes in land cover in the Municipality of Grocka was based on an integrated remote sensing and GIS-based methodological framework, combining multi-temporal CORINE Land Cover (CLC) data with supplementary satellite-derived land cover information for the post-2018 period. The core long-term analysis relied on multi-temporal processing of harmonized CLC datasets provided by the European Environment Agency (EEA, 2020) for the reference years 1990, 2000, 2006, 2012, and 2018, enabling the identification of structural and long-term land cover transformations over an extended temporal horizon.

The CLC database is produced through the interpretation of satellite imagery following a standardized and unified methodology applied across the European territory, using the third level of thematic classification (Level 3). The nominal scale of the dataset is 1:100,000, with a minimum mapping unit of 25 ha, a minimum mapping width of 100 m, and a geometric accuracy of ± 100 m (Büttner et al., 2004; Nestorov & Protić, 2006). These technical characteristics ensure regional consistency and temporal comparability, making CLC data particularly suitable for identifying long-term land cover trends, while simultaneously limiting their capacity to capture fine-scale, parcel-level, or short-term land-use changes characteristic of peri-urban environments.

Data processing and spatial analysis were performed using GIS software (QGIS 3.28), while geostatistical calculations and indicator-based analyses were conducted in MS Excel. The CLC-based analysis focused on land cover categories that most directly reflect agro-economic restructuring, ecological processes, and urbanization pressures in the peri-urban area, including:

- Agricultural land categories (codes 211 – non-irrigated arable land, 221 – vineyards, 222 – fruit trees and berry plantations, 242 – complex cultivation patterns),
- Built-up and urbanized areas (codes 112 – discontinuous urban fabric, 121 – industrial or commercial units, 131 – mineral extraction sites, 132 – dump sites),
- Semi-natural and natural areas (codes 231 – pastures, 243 – land principally occupied by agriculture with significant areas of natural vegetation, 311 – broad-leaved forest, 313 – mixed forest, 324 – transitional woodland–shrub, 411 – inland marshes, 511 – water courses).

Land cover changes were analyzed for four successive time intervals (1990–2000, 2000–2006, 2006–2012, 2012–2018) using a set of quantitative indicators: relative change in category area (Index of Change, Δ_{CLC}), average annual rate of change expressed in km^2 (ARC), and the share of absolute change in relation to the total area of the municipality (Category Change Index, CCI) (Stathopoulou & Cartalis, 2007).

The relative change in category area for a given interval was calculated as:

$$\Delta_{CLC} = (A_{t2} - A_{t1}) / A_{t1} \times 100 \quad (1)$$

where A_{t1} and A_{t2} represent the area of the category at the beginning and end of the analyzed interval, respectively.

The Annual Rate of Change (ARC), representing the average annual change in area (km^2), was calculated as:

$$ARC = (A_{t2} - A_{t1}) / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

where t_1 and t_2 denote the starting and ending years of the observed time interval.

The Category Change Index (CCI), expressing the share of absolute change relative to the total municipal area, was calculated as:

$$CCI = |A_{t2} - A_{t1}| / A_{\text{total}} \times 100 \quad (3)$$

A Matrix of Land Cover Transitions was constructed for each time interval to identify the dominant transformation pathways between land cover categories (e.g., 221 – vineyards $\rightarrow$ 112 – discontinuous urban fabric), enabling a more detailed interpretation of conversion processes.

To assess land cover transformations within a broader socio-demographic context, demographic data from the Statistical Office of the Republic of Serbia for the census years 1991, 2002, 2011, and 2022 were integrated into the analysis. The Demographic Change Index (DPI) was calculated as:

$$DPI_{t1-t2} = (P_{t2} - P_{t1}) / P_{t1} \times 100 \quad (4)$$

where P_{t1} and P_{t2} represent population indicators for the selected census years. This indicator enables a comparative interpretation of demographic dynamics and land cover change, particularly in areas exposed to urban expansion, depopulation processes, and deagrarianization.

To complement the CLC-based long-term analysis and to capture more recent spatial dynamics after 2018, a supplementary land cover assessment was conducted using a Sentinel-2-based 10 m land cover dataset (Esri & Impact Observatory, 2024), derived from Copernicus Sentinel-2 imagery (European Space Agency [ESA], 2015) for the reference years 2018 and 2024. This dataset represents an AI-based classification product generated from multispectral Sentinel-2 imagery and provides consistent annual land cover information at a spatial resolution of 10 m.

Given that the dataset is provided as a pre-classified land cover product, no independent supervised classification was performed. The analysis included spatial subsetting to the administrative boundary of the Municipality of Grocka and quantitative surface calculations within the GIS environment. The resulting thematic classes included Water, Trees,

Crops, Built-up Area, Rangeland, Flooded Vegetation, and Clouds, with cloud-covered pixels excluded from further interpretation. Due to differences in spatial resolution (10 m versus the 25 ha minimum mapping unit of CLC), classification logic, and data production methodology, Sentinel-2–based results were not directly merged or numerically compared with CLC categories but were used exclusively as a complementary interpretative layer for post-2018 dynamics.

The limitations of the applied methodology primarily relate to the spatial and temporal resolution of the CLC dataset. The minimum mapping unit of 25 ha, combined with the fragmented parcel structure typical of Serbian agriculture, may lead to the underrepresentation of small-scale and dispersed agricultural changes. Additionally, thematic generalization and classification uncertainty may affect the detection of specific crop types or short-term land management practices (Büttner et al., 2004; Nestorov & Protić, 2006).

With respect to the Sentinel-2–based dataset, limitations include algorithm-based classification uncertainty, potential spectral confusion between vegetation classes, and seasonal variability at the time of image acquisition, which may constrain detailed land-use attribution in heterogeneous peri-urban environments.

To enhance the robustness of interpretation, the results of the land cover analysis—based on both long-term CLC datasets and supplementary satellite-derived observations—were examined in relation to the official planning framework, primarily the Spatial Plan of the Municipality of Grocka (2012), which defines land-use priorities for construction, agricultural, and forest areas. This triangulation of multiple data sources, integrating multi-temporal CLC data, satellite-derived land cover assessments, demographic indicators, and spatial planning documentation, enables a more comprehensive and context-sensitive interpretation of land cover transformations in the peri-urban environment.

Results

Spatial Changes in Land Cover (CLC)

The analysis of the CLC time series (1990, 2000, 2006, 2012, 2018) in the Municipality of Grocka reveals a clear pattern of urban expansion, structural transformation of agricultural land use, and partial natural forest succession. The following section presents a synthesis of changes in the most representative classes for the 1990–2018 interval, with estimates of relative change (ΔCLC), annual rate of change (ARC), and the share of absolute change in relation to the total area of the municipality (CCI), providing a consistent long-term framework for interpreting land cover dynamics in the peri-urban zone.

Changes in the land cover structure have been driven not only by general urbanization trends but also by specific local factors historical orientation toward agriculture (with an emphasis on viticulture and fruit production), migration waves in the early 21st century, proximity to Belgrade, and a favorable location along major transportation routes.

Table 1. Changes in land cover in the Municipality of Grocka, 1990–2018, according to the CLC database

Code	Name	1990. km ²	2000. km ²	2006. km ²	2012. km ²	2018. km ²
112	Discontinuous urban fabric	31,44	32,54	33,38	35,16	35,15
121	Industrial or commercial units	0,83	0,89	1,21	1,36	1,60
131	Mineral extraction sites	-	-	-	0,26	0,25
132	Dump sites	0,45	0,43	0,44	0,44	0,52
211	Non-irrigated arable land	26,96	29,40	19,05	7,22	7,22
221	Vineyards	7,10	7,15	5,45	5,12	5,12
222	Fruit trees and berry plantations	20,76	21,47	45,74	59,21	59,22
231	Pastures	2,24	2,60	2,22	1,43	1,45
242	Complex cultivation patterns	92,52	97,30	71,06	66,16	66,14
243	Land principally occupied by agriculture with significant areas of natural vegetation	84,79	84,32	84,56	85,76	85,68
311	Broad-leaved forest	14,93	16,34	18,50	19,73	19,73
313	Mixed forest	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03
324	Transitional woodland-shrub	4,98	4,42	5,18	4,91	4,75
331	Beaches - dunes - sands	0,94	0,34	0,27	0,28	0,26
411	Inland marshes	0,45	0,73	0,88	0,89	0,87
511	Water courses	11,68	11,72	11,71	11,73	11,70

(European Environment Agency, 2016, 2020; Republic of Serbia – Ministry of Environmental Protection – Environmental Protection Agency, 2023; OpenStreetMap Contributors, 2017)

The observed expansion of built-up and industrial classes (112, 121) and the concentration of changes along major corridors are consistent with the development directions and land-use designations defined in the Spatial Plan of the Municipality of Grocka (City of Belgrade Assembly, 2012). While CLC quantifies land-cover dynamics, the spatial plan provides the normative land-use framework against which these trends can be interpreted.

The largest absolute and relative changes (Table 1) were observed in urban classes (112, 121), selected agricultural categories (211, 221, 222, 242), and broad-leaved forest (311), indicating a profound restructuring of the traditional agroecosystem landscape.

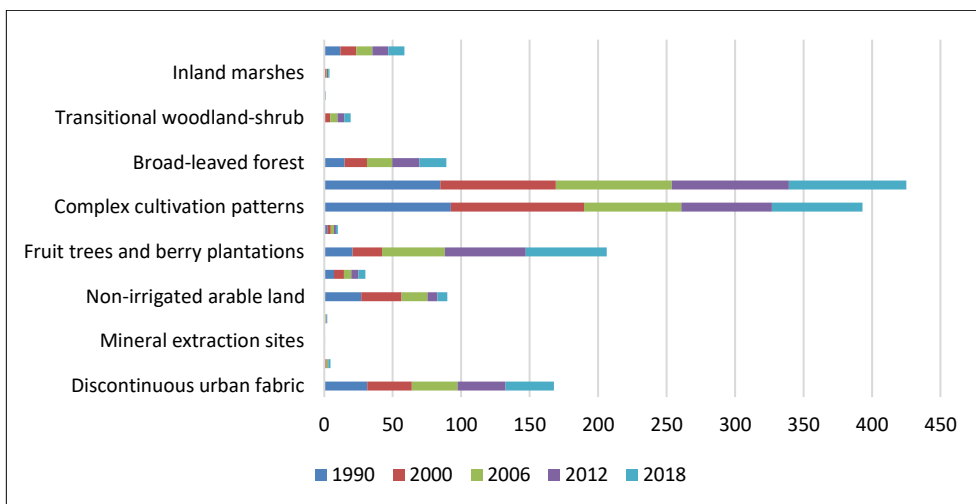


Fig. 1. Graphical representation of land cover changes (km²) according to the CLC database, 1990–2018 (European Environment Agency, 2016, 2020; Republic of Serbia – Ministry of Environmental Protection – Environmental Protection Agency, 2023)

- Discontinuous urban fabric (112): ΔCLC 1990–2018 = +11.8%, ARC = +0.132 km²/year, CCI = 1.238%. Growth was continuous in all sub-intervals, with the most intensive increase occurring between 2006–2012 (ΔCLC = +5.33%; ARC = +0.297 km²/year). The development of this class was largely driven by an influx of population from central and southern Serbia in the early 21st century, which led to intensified peri-urbanization (Milinčić, 2004). The greatest expansion was recorded in the settlements of Kaluđerica, Leštane, and Vinča, where agricultural plots were converted into individual residential construction. Transition matrices indicate that most of the new urban areas originated from categories 211 (non-irrigated arable land) and 242 (complex cultivation patterns).
- Industrial/commercial units (121): ΔCLC 1990–2018 = +92.77%, ARC = +0.028 km²/year, CCI = 0.257%, with acceleration after 2000. This growth is associated with the expansion of manufacturing facilities, warehouses, and retail premises along the Smederevo Road, stimulated by migration and the growth of the local consumer base. Transition matrices indicate that this category most frequently expanded at the expense of 211 (non-irrigated arable land).
- Mineral extraction sites (131): ΔCLC 2012–2018 = +46.67%, ARC = +0.005 km²/year, CCI = 0.046%. The largest increase occurred after 2012, correlating with intensified construction activity in Belgrade. These activities are primarily located in the settlements of Boleč and Leštane (quarries, extraction of construction materials).
- Dump sites (132): ΔCLC 1990–2018 = +15.56%, ARC = +0.003 km²/year, CCI = 0.023%. Although dump sites account for a small share of the municipality's total area, their growth is a significant indicator of environmental pressures. The greatest increase was recorded after 2012, partly due to the expansion of existing locations and informal waste disposal in peri-urban fringe zones, which affects soil degradation and groundwater quality. In addition, the area of the sanitary landfill in Vinča has expanded; however, despite more organized waste management, the number and area of illegal dumpsites in the Municipality of Grocka have become increasingly visible and represent an environmental problem.

- Non-irrigated arable land (211): $\Delta\text{CLC } 1990\text{--}2018 = -73.22\%$, $\text{ARC} = -0.705 \text{ km}^2/\text{year}$, $\text{CCI} = 6.587\%$. The most significant declines occurred between 2000–2006 ($\Delta\text{CLC} = -35.2\%$; $\text{ARC} = -1.725 \text{ km}^2/\text{year}$) and 2006–2012 ($\Delta\text{CLC} = -62.1\%$; $\text{ARC} = -1.972 \text{ km}^2/\text{year}$), indicating an intensive conversion to permanent crops (222) and urban areas (112). The loss of the arable base also entails the loss of part of the traditional production of cereals and forage crops, directly contributing to a sharp decrease in the number of livestock households. Between the last two agricultural censuses (2012–2023), the number of livestock units fell from 3,833 (2012) to 2,622 (2023), and the number of livestock farms from 1,860 to 834. The steepest decline was recorded in pigs (from 7,634 to 2,893 head) and in the number of households raising them (from 1,152 to 458), while sheep and goats also showed a negative trend, and the number of cattle remained relatively stable (SORS, 2025).
- Fruit trees and berry plantations (222): $\Delta\text{CLC } 1990\text{--}2018 = +185.26\%$, $\text{ARC} = +1.374 \text{ km}^2/\text{year}$, $\text{CCI} = 12.833\%$. The largest increases occurred between 2000–2006 ($\Delta\text{CLC} = +113.0\%$; $\text{ARC} = +4.045 \text{ km}^2/\text{year}$) and 2006–2012 ($\Delta\text{CLC} = +29.45\%$; $\text{ARC} = +2.245 \text{ km}^2/\text{year}$). The growth of this category reflects the shift from traditional arable crops and vineyards to highly profitable fruit production (apples, apricots, peaches, cherries), supported by investments in modern orchards.
- Vineyards (code 221): In the period 1990–2018, a relative decline of $\Delta\text{CLC} = -27.88\%$ was recorded, representing a loss of $-0.071 \text{ km}^2/\text{year}$ (ARC), with a total share of absolute change in the municipality's area of $\text{CCI} = 0.662\%$. The largest decline occurred in the 2006–2012 interval ($\Delta\text{CLC} = -12.45\%$), while in 2012–2018 the rate of loss slowed ($\Delta\text{CLC} = -4.12\%$). Although the overall reduction in vineyard area is relatively moderate compared to the loss of arable land (211), the importance of this category for the local identity and economy of the Municipality of Grocka is extremely high. Viticulture has a centuries-old tradition, shaped by favorable climatic conditions, terrain configuration (gentle southern and southeastern slopes), and proximity to the capital's market, which enables rapid distribution of fresh grapes and wine products. Transition matrices show that most of the lost vineyard areas have been converted to fruit tree plantations (code 222) and, to a lesser extent, to discontinuous urban fabric (code 112). These processes are linked to transitional changes in agriculture after 2000, including restitution, parcel fragmentation, changes in ownership structure, and a shift toward crops with higher market value.
- Complex cultivation patterns (242): $\Delta\text{CLC } 1990\text{--}2018 = -28.51\%$, $\text{ARC} = -0.942 \text{ km}^2/\text{year}$, $\text{CCI} = 8.802\%$. This class, representing a mosaic of small plots with different crops, often owned by multiple holdings, has traditionally been present in areas with mixed production (arable farming, vegetable growing, vineyards, orchards). Its reduction indicates the disintegration of the agricultural economic sector due to land consolidation processes, conversion to permanent crops (222), and urbanization pressure. In areas closer to urban cores—especially in Kaluđerica, Leštane, and Boleč—complex parcels have been replaced by residential construction (112), while in the peripheral parts of the municipality some of these areas have transitioned to forest categories (311) as a result of land abandonment and natural succession.
- Pastures (231): $\Delta\text{CLC } 1990\text{--}2018 = -35.27\%$, $\text{ARC} = -0.028 \text{ km}^2/\text{year}$, $\text{CCI} = 0.263\%$. The reduction in pasture areas was most pronounced in the first decade of the analyzed period, when part of the land was converted to orchards (222) and complex cultivation patterns (242), while in areas under urban pressure they were completely transformed

into residential and commercial construction. This trend reflects the decline of livestock farming in the Municipality of Grocka, which has further contributed to the degradation of the traditional agrarian landscape.

- Broad-leaved forest (311): $\Delta\text{CLC } 1990-2018 = +32.15\%$, $\text{ARC} = +0.171 \text{ km}^2/\text{year}$, $\text{CCI} = 1.602\%$. The increase is predominantly the result of secondary succession on abandoned agricultural plots, particularly in the higher and less accessible parts of Grocka (e.g., around Dražanj, Živkovac, Kamendol). These areas have an ecological function in biodiversity conservation and soil erosion prevention, but at the same time mark a permanent loss of agricultural potential.
- Mixed forest (313) and transitional woodland–shrub (324): Although absolute changes are smaller compared to broad-leaved forest, these categories play an important role as transitional forms between agricultural and fully forested areas. Transition matrices indicate that their growth is largely the result of gradual natural succession on plots abandoned due to population ageing and reduced economic interest in agriculture.
- Beaches, dunes, sands (331): $\Delta\text{CLC } 1990-2018 = -72.34\%$, $\text{ARC} = -0.024 \text{ km}^2/\text{year}$, $\text{CCI} = 0.227\%$, involving small areas and local changes along the riverbank. Part of the municipality (Vinča, Boleč, Ritopek, Zaklopača, Grocka, Brestovik) extends along the left bank of the Danube, and its area includes several river islands where sandy beaches appear depending on water levels.
- Water courses (511) and inland marshes (411): These show small absolute but noticeable percentage changes (e.g., 411: $\Delta\text{CLC } 1990-2018 = +93.33\%$), with a limited impact on the total area but significant for local hydrological services. Although spatially minor, these categories are crucial for maintaining ecosystem services such as hydrological regime regulation, water filtration, and the provision of habitats for rare species. A slight decline in watercourse areas (511) was observed in certain zones, which is linked to several factors: partial regulation and channelization of flows, reduced discharge due to climate change and drought periods, and increased water abstraction for irrigation in intensive orchards. Along the Danube riverbank, the impact of urbanization is also visible, which in some segments has led to the reduction of natural banks and the degradation of riparian habitats.

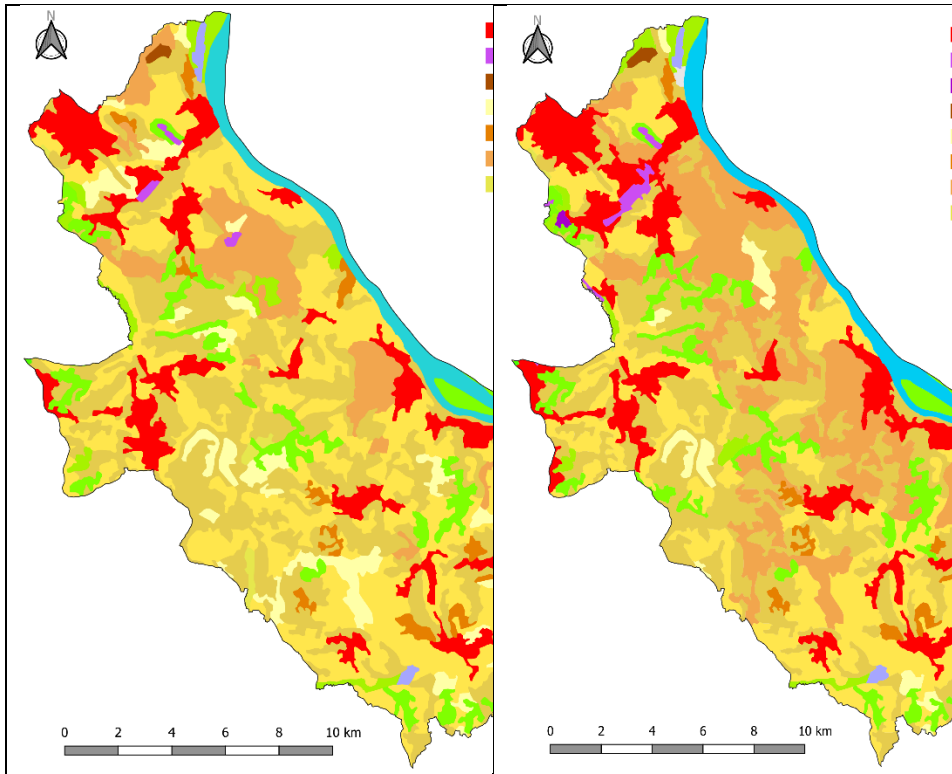


Fig. 2. Land cover change in the Municipality of Grocka, 1990–2018, according to the CORINE classification (European Environment Agency, 2016; 2020; OpenStreetMap Contributors, 2017; Republic of Serbia – Ministry of Environmental Protection – Environmental Protection Agency, 2023 – adapted)

While the CLC-based analysis provides a robust overview of long-term land cover transformations at the municipal scale, it does not capture short-term or fine-scale spatial variability characteristic of peri-urban environments, which is addressed through supplementary satellite-based assessment in the following section.

Supplementary Sentinel-2–based land cover assessment (2018–2024)

To complement the long-term land cover change analysis based on the CORINE Land Cover (CLC) database and to provide insight into more recent spatial dynamics after 2018, a supplementary land cover assessment was conducted using the Sentinel-2 10 m Land Use/Land Cover dataset (Esri & Impact Observatory, 2024), derived from Copernicus Sentinel-2 imagery (European Space Agency [ESA], 2015) for the reference years 2018 and 2024. The analysis was applied as a high-resolution snapshot of land cover structure, aimed at capturing short-term changes and internal spatial heterogeneity within dominant land cover types in the peri-urban area of the Municipality of Grocka.

Table 2. Land cover classes derived from Sentinel-2 10 m dataset in the Municipality of Grocka (2018 and 2024)

Code	Land cover class	Area 2018. (km ²)	Area 2024. (km ²)	Change 2018–2024. (km ²)
1	Water	11.94	11.92	–0.02
2	Trees	84.51	89.67	+5.16
4	Flooded vegeta- tion	0.15	0.74	+0.59
5	Crops	128.98	114.88	–14.10
7	Built-up area	55.25	62.69	+7.44
8	Clouds*	1.11	0.52	–0.59
11	Rangeland	17.75	19.27	+1.52

* Cloud-covered areas were excluded from the interpretation of land cover change.

The Sentinel-2–based dataset represents a pre-classified annual land cover product at 10 m spatial resolution. Spatial subsetting to the administrative boundary of the Municipality of Grocka and area calculations were performed within the GIS environment. The resulting land cover classes represent dominant surface cover at the pixel level and are not directly equivalent to functionally defined CORINE land-use categories.

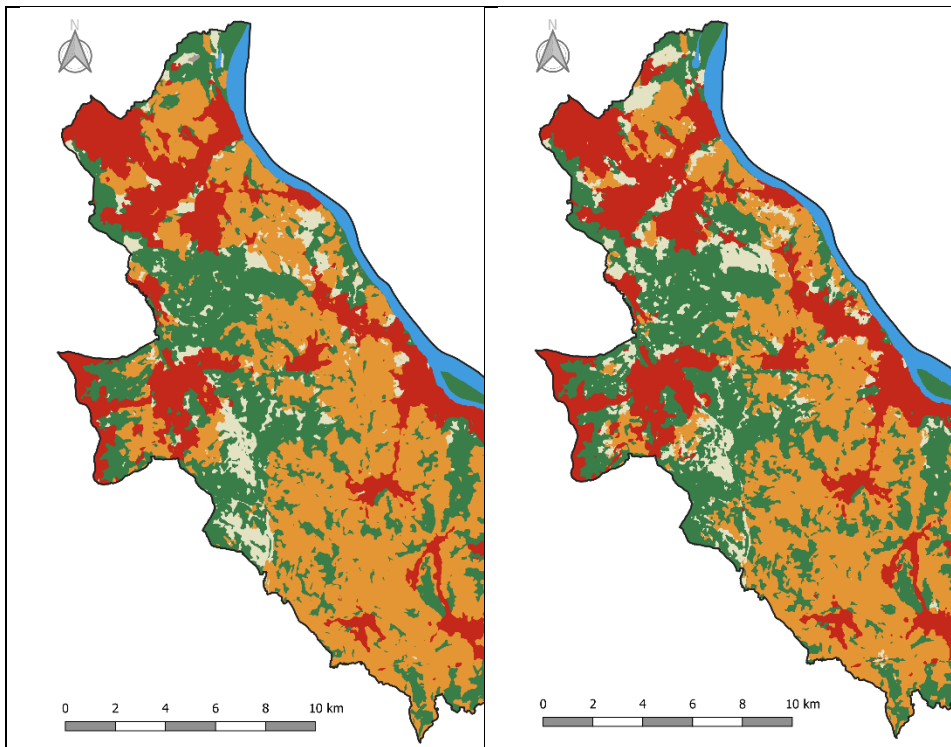


Fig. 3. Land cover patterns in the Municipality of Grocka derived from the Sentinel-2 10 m Land Use/Land Cover dataset for 2018 and 2024 (Esri & Impact Observatory, 2024; European Space Agency [ESA], 2015 – processed and adapted by the author); Land cover classes are indicated by numeric codes: 1 – Water, 2 – Trees, 4 – Flooded vegetation, 5 – Crops, 7 – Built-up area, 11 – Rangeland; cloud-covered pixels (code 8) were excluded from interpretation.

The Sentinel-2 based assessment (Table 2) indicates a pronounced increase in built-up areas and tree-covered surfaces between 2018 and 2024, accompanied by a substantial reduction in actively cultivated cropland and a moderate expansion of rangeland. Observed changes in water bodies and flooded vegetation are minor in absolute terms and are primarily attributed to seasonal and hydrological conditions at the time of image acquisition, while cloud-covered areas were excluded from change interpretation.

It is important to emphasize that direct quantitative comparison between Sentinel-2–derived land cover classes and CORINE Land Cover categories is methodologically inappropriate, due to differences in spatial resolution (10 m versus the 25 ha minimum mapping unit of CLC), thematic classification schemes, and data production methodologies. While CLC data provide a harmonized and long-term framework for monitoring land cover change at regional and national scales (1990–2018), the Sentinel-2–based dataset enables the detection of finer-scale spatial variability and short-term dynamics characteristic of peri-urban landscapes.

Accordingly, the Sentinel-2–based assessment is used exclusively as a complementary post-2018 interpretation layer, supporting the trends identified through CLC data such as continued urban expansion, changes in agricultural land management, and vegetation dynamics without implying numerical equivalence between the two datasets. This combined approach enhances the robustness of land cover interpretation in the Municipality of Grocka by integrating long-term consistency with recent high-resolution spatial insight.

Demographic–Economic Framework of Agrarian Transformations

The demographic development of the Municipality of Grocka from 1961 to 2024 reveals a clearly phased trajectory of growth, stabilization, and recent stagnation (Table 3). Following moderate post-war growth, the municipality entered a period of rapid population expansion between the 1960s and 1980s, driven primarily by suburbanization processes and immigration from central and southern Serbia. By the early 2000s (Census 2002), the population exceeded 75,000 inhabitants, marking Grocka as one of the fastest-growing peri-urban municipalities in the Belgrade metropolitan area.

The long-term demographic trajectory of the Municipality of Grocka is illustrated in Figure 4, which presents a comparative overview of population size and number of households in the period 1948–2022. The figure clearly captures the divergence between continued household growth and the recent stagnation and decline of total population, indicating processes of demographic individualization and ageing.

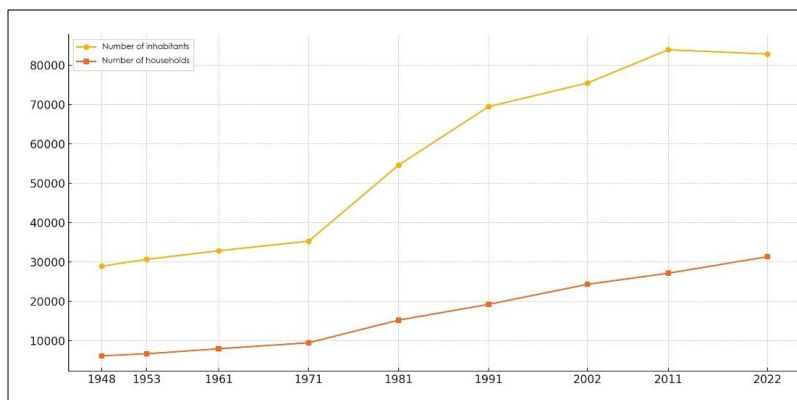


Fig. 4. Demographic indicators: comparative overview of the number of inhabitants and households, 1948–2022, in the settlements of the Municipality of Grocka (SORS, 2014; 2023; 2025)

The Demographic Change Index (DPI) confirms this dynamic. In the period 1991–2002, DPI reached +8.67%, while the highest relative growth was recorded between 2002 and 2011 (DPI = +11.19%), coinciding with intensified urban land expansion identified through CORINE Land Cover analysis. However, after 2011, demographic dynamics shifted significantly. Between 2011 and 2022, DPI became negative (–1.31%), indicating demographic saturation and the onset of population decline despite continued spatial expansion of built-up areas.

Table 3. Population and households growth phases in the Municipality of Grocka (1948–2024)

Period	Population	Absolute change	Households	Key demographic phase
1948–1961.	28,927 → 32,836	+3,909	6,164 → 7,938	Moderate post-war growth
1961–1981.	32,836 → 54,599	+21,763	7,938 → 15,222	Rapid suburbanization
1981–2002	54,599 → 75,466	+20,867	15,222 → 24,313	Migration-driven expansion
2002–2011	75,466 → 83,907	+8,441	24,313 → 27,134	Demographic peak
2012–2022.	83,907 → 82,810	–1,097	27,134 → 31,333	Demographic stagnation
2022–2024.*	82,810 → 83,012	+202	–	Short-term stabilization

* population estimates; Source: SORS (2014; 2023; 2025)

Importantly, recent population stabilization is not driven by natural increase. Since the mid-2010s, Grocka has recorded persistently negative natural population change, particularly pronounced during the COVID-19 period (2020–2021). Nevertheless, positive internal migration balances have partially compensated for natural losses, resulting in short-term population stabilization after 2022 (Table 4). For 2011, the migration balance is not explicitly reported in the extracted STAT tables; therefore, trend interpretation relies primarily on data for the 2012–2024 period. This demographic pattern explains the apparent paradox of continued urbanization under conditions of stagnant or declining population numbers.

Table 4. Natural population change and migration balance in the Municipality of Grocka (2011–2024)

Period	Natural increase (‰)	Migration balance	Dominant driver
2011–2015.	Slightly positive to neutral	Positive	Suburban migration
2016–2019.	Negative	Positive	Migration compensating natural loss
2020–2021.	Strongly negative	Reduced	COVID-19 impact
2022–2024.	Negative	Positive (+311 to +421)	Migration-driven stabilization

Source: SORS (2025), STAT database

Household dynamics further reinforce this interpretation. While total population growth has slowed, the number of households has continued to increase steadily, reflecting demographic individualization processes, including declining household size, population ageing, and the rise of single-person and elderly households. This trend has sustained demand for residential construction, particularly in peri-urban settlements, without corresponding population growth.

Table 5. Ageing and dependency indicators in the Municipality of Grocka (2011–2024)

Indicator	2011.	2024.	Change
Total dependency ratio	41.3	57.7	+16.4
Youth dependency ratio	22.2	24.5	+2.3
Elderly dependency ratio	19.1	33.1	+14.0
Share of elderly (65+)	–	Increasing	Pronounced ageing

Source: SORS (2014; 2025)

Age-structure indicators reveal pronounced population ageing. Between 2011 and 2024, the total dependency ratio increased from 41.3 to 57.7, driven predominantly by the rapid growth of the elderly dependent population (Table 5). These trends have direct implications for agricultural systems, as they reduce the availability of labour, accelerate land abandonment, and encourage shifts toward less labour-intensive agricultural practices.

Agricultural census data corroborate these demographic pressures. Between 2012 and 2023, the number of livestock units and livestock farms declined sharply, while permanent crops especially orchards expanded their share in agricultural production. This restructuring aligns with land cover changes identified through CORINE analysis, particularly the decline of arable land (classes 211 and 242) and the expansion of permanent crops (class 222).

Overall, demographic ageing, negative natural population change, and migration-driven household growth constitute key drivers of agrarian transformation in the Municipality of Grocka. These processes underpin the conversion of complex cultivation patterns into permanent crops and urban land, directly shaping the sustainability and multifunctionality of peri-urban agriculture.

Discussion

The analysis of spatial, demographic, and agrarian indicators in the Municipality of Grocka reveals a multi-layered peri-urban transformation shaped by the interaction of land cover change, demographic restructuring, and the functional urban influence of Belgrade. Based

on the CORINE Land Cover (CLC) time series, the period 1990–2018 is characterized by a systematic decline of agricultural land, accompanied by the expansion of built-up areas and forest categories, indicating a long-term reconfiguration of the peri-urban landscape.

The most pronounced land cover changes include the reduction of non-irrigated arable land (CLC 211) and complex cultivation patterns (CLC 242), alongside a significant increase in permanent crops (CLC 222) and broad-leaved forests (CLC 311). These trends reflect both urbanization pressure and agrarian restructuring, whereby labour-intensive and fragmented agricultural systems are progressively replaced by less labour-demanding forms of land use or abandoned altogether, enabling secondary succession. Similar trajectories have been documented in peri-urban zones across Southeast and Central Europe, where de-agrarianization and land abandonment often coexist with selective agricultural intensification (Pejnović et al., 2015; Simoncic et al., 2024).

From a demographic perspective, the Municipality of Grocka exhibits a transition from migration-driven growth toward demographic stagnation, with the last intercensal period (2011–2022) recording a negative Demographic Change Index (DPI). This shift is primarily driven by persistent negative natural population change and pronounced population ageing, while internal migration remains positive but insufficient to offset natural losses. Importantly, this demographic slowdown does not correspond to a halt in spatial expansion, as the number of households continues to grow. This trend reflects demographic individualization, shrinking household size, and an increasing share of elderly and single-person households.

Household growth, rather than total population growth, emerges as a key driver of the continued expansion of discontinuous urban fabric (CLC 112) during the 2000s and 2010s, particularly in settlements with strong functional and infrastructural integration into the Belgrade metropolitan system (Kaluderica, Leštane, Vinča, Boleč). This finding aligns with broader peri-urbanization processes observed in other Belgrade municipalities, where residential expansion persists despite stagnating or declining population numbers (Spalević, 2013; Gatarić & Derčan, 2024).

The agrarian consequences of these processes are substantial. Demographic ageing and labour shortages have accelerated the decline of livestock production and labour-intensive cropping systems, while permanent crops especially orchards have expanded, supported by market proximity, favourable agroecological conditions, and lower labour requirements. This restructuring is consistent with recent agricultural census data (2012–2023) and corresponds to CLC-detected land cover changes, particularly the contraction of arable land and mosaic agricultural patterns. Grocka's long-standing specialization in fruit growing and viticulture therefore plays a dual role: it increases vulnerability to land conversion under urban pressure, but simultaneously represents a strategic development asset for multifunctional and market-oriented peri-urban agriculture (Filipović & Obradović-Arsić, 2010; Šećerov & Filipović, 2015; Mihajlović et al., 2026).

When compared with other peri-urban municipalities of Belgrade (Mladenovac, Lazarevac, Obrenovac), Grocka shares common challenges such as agricultural land loss, de-agrarianization, and demographic ageing, yet differs in the relative continuity of agricultural land use and the dominance of high-value permanent crops. In contrast to more industrially transformed peri-urban zones, Grocka still retains a spatially coherent agricul-

tural belt, which provides a realistic foundation for targeted land protection and differentiated development measures (Mihajlović et al., 2026). Comparable patterns have been identified in peri-urban regions around Zagreb and Ljubljana, where agricultural continuity enables more effective integration of land-use planning, agriculture, and environmental protection (Pejnović et al., 2015; Simoncic et al., 2024).

While the CLC database provides a harmonized and consistent framework for long-term land cover analysis, its spatial resolution and minimum mapping unit limit the detection of small-scale and short-term changes typical of peri-urban environments (Büttner, 2014), particularly after 2018. Supplementary Sentinel-2-based land cover datasets (post-2018) partially mitigate this limitation by capturing more recent spatial dynamics. However, these datasets are not directly comparable with CLC categories due to differences in spatial resolution, classification schemes, and methodological approaches. Nevertheless, their combined use is analytically justified, as both data sources consistently indicate the same direction of transformation: continued urban expansion, agricultural restructuring, and vegetation change, thereby strengthening the robustness of interpretation despite methodological heterogeneity.

The findings have clear implications for sustainable land management in peri-urban zones. In line with the European Soil Strategy for 2030, the Strategy of Agriculture and Rural Development of Serbia, and the Spatial Plan of the Municipality of Grocka, priority measures should include:

- spatial designation and legal protection of priority agricultural zones dominated by permanent crops (CLC 222) and remaining complex cultivation patterns (CLC 242);
- stricter control of agricultural land conversion in zones exposed to intensive residential expansion through stronger coordination between urban and agricultural planning instruments;
- rehabilitation of degraded and abandoned land, including former extraction sites, through agroforestry systems and low-intensity agricultural practices adapted to demographic constraints;
- integration of agro-tourism and rural tourism as complementary activities, capitalizing on preserved orchards, vineyards, and traditional landscapes;
- alignment of agricultural support measures with agroecological capacities and spatial zoning results, moving beyond uniform policy approaches.

Overall, the peri-urban transformation of Grocka represents a structurally complex process in which land cover change, demographic ageing, and functional urban integration operate simultaneously. Despite differences in data sources and temporal coverage, the convergence of spatial, demographic, and agrarian indicators confirms a coherent trajectory of peri-urban restructuring, providing a solid empirical basis for policy-relevant conclusions and future research.

Conclusion

The analysis of spatial, demographic, and agroeconomic changes in the Municipality of Grocka confirms that the peri-urban zone of Belgrade has undergone a complex and long-term structural transformation, driven by the interlinked effects of urban expansion, agricultural restructuring, and demographic transition. Based on multi-temporal CORINE Land Cover (CLC) data

for the period 1990–2018, complemented by post-2018 satellite-based land cover assessment based on Sentinel-2 datasets, and detailed demographic indicators, the research provides a comprehensive and methodologically transparent profile of land cover dynamics in a rapidly transforming peri-urban environment.

Quantitative indicators obtained through the application of Δ CLC, ARC, and CCI, together with the Demographic Change Index (DPI), enabled a robust identification of dominant transformation pathways shaping the spatial dynamics of Grocka. The results clearly demonstrate that classical arable land and mosaic agricultural systems have experienced substantial decline (CLC 211: -73.22% ; CLC 242: -28.51%), while permanent crops have emerged as the dominant and most stable agricultural land cover class (CLC 222: $+185.26\%$). This shift reflects both market-oriented agroeconomic adaptation and reduced labour availability linked to population ageing, rather than a uniform intensification of agricultural production.

At the same time, continuous expansion of discontinuous urban fabric (112) and industrial or commercial units (121) has been recorded, particularly along major transport corridors and within settlements with strong functional ties to the urban core of Belgrade. Importantly, this spatial expansion persists despite demographic stagnation after 2011, indicating that household growth and demographic individualization, rather than total population increase, represent key drivers of peri-urban land consumption.

The increase in mineral extraction sites (131), although limited in absolute spatial extent, carries disproportionate ecological and spatial impacts, emphasizing the necessity of mandatory rehabilitation and post-exploitation land restitution, as stipulated in planning and environmental policy frameworks. Conversely, the expansion of broad-leaved forests and transitional woodland shrub vegetation reflects secondary succession on abandoned agricultural land, indicating partial ecological recovery but also a permanent loss of agricultural production capacity in demographically weakened areas.

Demographic analysis further reveals that Grocka has entered a mature peri-urban phase, characterized by negative natural population change, pronounced population ageing, and migration-driven household growth. Marked intra-municipal differentiation confirms that uniform land-management and agricultural policy approaches are inadequate, as some settlements retain higher agroecosystem resilience, while others are exposed to cumulative demographic, economic, and spatial pressures.

The combined use of heterogeneous data sources CLC, Sentinel-2 derived land cover datasets, demographic statistics, and agricultural census data inevitably involves methodological limitations and non-equivalence in spatial resolution and classification schemes. However, the convergence of results across all datasets consistently points to the same transformation trajectory, strengthening the reliability of the overall interpretation and mitigating individual data constraints.

Overall, the research findings highlight the necessity of territorially differentiated and integrative management strategies in peri-urban zones, which should include:

- preservation of remaining multifunctional agricultural landscapes and complex cultivation patterns (242) as key components of ecological stability, landscape identity, and local resilience;
- stabilization and sustainable modernization of permanent crop systems (222) in line with local agroecological capacities and reduced labour availability;

- strict regulation and spatial targeting of urban and industrial expansion (112, 121) in areas with high agricultural and ecological value;
- systematic rehabilitation and reclamation of mineral extraction sites (131) with enforceable post-exploitation land-use conversion;
- integrated spatial planning frameworks that explicitly link land cover dynamics, demographic trends, and agroeconomic restructuring in decision-making processes.

In this context, the Municipality of Grocka represents a representative but not uniform model of peri-urban transformation, where long-standing agricultural traditions coexist with intense urban pressures. The methodological framework and results presented in this study provide a transferable analytical basis for comparative research across peri-urban regions in Serbia and Southeast Europe, contributing to evidence-based planning and policy formulation. Integrated management of land use and demographic resources thus emerges as a prerequisite for the long-term sustainability, multifunctionality, and resilience of peri-urban landscapes under accelerating urbanization and climate pressures.

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.

© 2026 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

- Bossard, M., Feranec, J., & Otahel, J. (2000). CORINE Land Cover Technical Guide: Addendum 2000 (Vol. 40). European Environment Agency.
- Bouma, J. (2014). Soil science contributions towards sustainable development goals and their implementation: Linking soil functions with ecosystem services. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(2), 111–120. <https://doi.org/10.1002/jpln.201300646>
- Büttner, G. (2014). CORINE land cover and land cover change products. In I. Manakos & M. Braun (Eds.), *Land use and land cover mapping in Europe* (pp. 55–74). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7969-3_5
- Büttner, G., Feranec, J., Jaffrain, G., Mari, L., Maucha, G., & Soukup, T. (2004). The Corine land cover 2000 project. *EARSeL eProceedings*, 3(3), 331–346.
- European Space Agency (ESA). (2015). Sentinel-2 User Handbook. ESA Standard Document.
- Esri & Impact Observatory. (2024). Sentinel-2 10 m Land Use / Land Cover Time Series (2017–2024). ArcGIS Living Atlas of the World. <https://livingatlas.arcgis.com/>
- European Commission. (2021). Soil strategy for 2030 – Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52021DC0699>
- European Environment Agency. (2016). European Digital Elevation Model (EU-DEM), version 1.1. Copernicus Programme. <http://land.copernicus.eu/pan-european/satellite-derived-products/eu-dem/eu-dem-v1.1/view>
- European Environment Agency. (2020). CORINE Land Cover (CLC) 2018, Version 2020_20u1 [Data set]. Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

- Filipović, D. Obradović-Arsić D. Analysis of the Environmental State in the Municipality of Grocka as a Basis for Integrated Planning Protection. *Glasnik Srpskog Geografskog Društva* 2010, 90(3), 171–188. <https://doi.org/10.2298/GSGD1003171F>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014). Building a common vision for sustainable food and agriculture: Principles and approaches.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, & Intergovernmental Technical Panel on Soils. (2015). Status of the world's soil resources (SWSR) – Main report. <http://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Gatarić, D., & Đerčan, B. (2024). Periurbanizacija kao značajni trend ruralnog razvoja [Periurbanization as a significant trend of rural development]. In Proceedings of the 6th Congress of Geographers of Serbia with International Participation (pp. 188–195). Serbian Geographical Society. <https://doi.org/10.5937/KonGef24021G>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2018). Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration.
- Keesstra, S. D., Bouma, J., Wallinga, J., Tiftonell, P., Smith, P., Cerdà, A., ... Fresco, L. O. (2016). The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *Soil*, 2(2), 111–128. <https://doi.org/10.5194/soil-2-111-2016>
- Lješević, M. (1981). Mikro regionalizacija i ocena elemenata životne sredine za potrebe planiranja u prostoru [Micro-regionalization and evaluation of environmental elements for spatial planning]. *Glasnik Republičkog zavoda za zaštitu prirode Crne Gore*, 14, 227–247.
- Mihajlović, L., Milinčić, M., Vukoičić, D., & Petrović, D. (2024b). Application of factor analysis in the typology of agriculture in Serbia. *Glasnik Srpskog geografskog društva / Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 104(2), 1–32. <https://doi.org/10.2298/GSGD2402001M>
- Mihajlović, L., Potić, I., Milinčić, M., & Đorđević, D. (2024a). The influence of rural areas transformation on the urban heat islands occurrence: Tourist center Zlatibor case study. *Időjárás*, 128(3), 345–366. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2024.3.4>
- Mihajlović, L., Petrović, D., Vukoičić, D., Milinčić, M., & Milentijević, N. (2026). Geospatial assessment of agricultural sustainability using multi-criteria analysis: A case study of the Grocka Municipality, Serbia. *World*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.3390/world7010010>
- Milinčić, M. (2004). Ekonomsko-geografska i ekološka polarizacija prostora kao faktor novih funkcionalnih odnosa među prostornim celinama [Economic-geographical and ecological polarization of space as a factor of new functional relations between spatial units]. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 84(2), 157–164.
- Milinčić, M., Tucović, M., & Mandić, B. (2013). Neki aspekti uticaja poljoprivrede na životnu sredinu [Some aspects of the impact of agriculture on the environment]. *Zbornik radova – Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu*, 61, 31–58. <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1450-7552/2013/1450-75521361031M.pdf>
- Nestorov, I., & Protić, D. (2006). Implementacija CORINE Land Cover projekta u Srbiji i Crnoj Gori [Implementation of the CORINE Land Cover project in Serbia and Montenegro]. *Geodetska služba*, 35(105), 25–29.
- OpenStreetMap Contributors. (2017). OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org>
- Pejnović, D., Buzjak, N., Bočić, N., Lukić, A., Prelogović, V., & Šulc, I. (2015). Analiza i vrednovanje razvojnih potencijala i ograničenja suburbanog i ruralnog područja Grada Zagreba [Analysis and evaluation of development potentials and constraints of suburban and rural

- areas of the City of Zagreb]. City of Zagreb, City Office for Strategic Planning and Development. https://www.researchgate.net/publication/365375927_Analiza_i_vrednovanje_razvojnih_potencijala_i_ogranicenja_suburbanog_i_ruralnog_podrucja_Grada_Zagreba
- Renting, H., Rossing, W. A. H., Groot, J. C. J., Van der Ploeg, J. D., Laurent, C., Perraud, D., Stobbelaar, D. J., & Van Ittersum, M. K. (2009). Exploring multifunctional agriculture: A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. *Journal of Environmental Management*, 90(Supplement 2), S112–S123. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.014>
- Republic of Serbia – Ministry of Environmental Protection – Environmental Protection Agency. (2023). National environmental indicators database. <https://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=2073&id=1007&akcija=showExternal>
- Rockström, J., Gupta, J., Lenton, T. M., Qin, D., Lade, S. J., Abrams, J. F., ... Sorlin, S. (2021). Identifying a safe and just corridor for people and the planet. *Earth's Future*, 9(4). <https://doi.org/10.1029/2020EF001866>
- Skupština grada Beograda. Prostorni plan područja gradske opštine Grocka. Službeni list grada Beograda, 2012, br. 54, str. 1–220. Dostupno na: <https://www.urbel.com/srp/biblioteka-planova/2927/detaljnije/w/o/prostorni-plan-gradske-opstine-grocka/> (accessed on December 2025).
- Statistical Office of the Republic of Serbia. (2013). 2012 Census of Agriculture – Land by categories of use. <https://www.stat.gov.rs/oblasti/poljoprivreda-sumarstvo-i-ribarstvo/popis-poljoprivrede/popisni-rezultati-nivo-naselja-eksel-tabele/>
- Statistical Office of the Republic of Serbia. (2014). Comparative overview of the number of inhabitants 1948, 1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2002, and 2011 – Data by settlements. <https://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/Popis2011/Knjiga20.pdf>
- Statistical Office of the Republic of Serbia. (2023). First results of the 2022 Census of Population, Households and Dwellings. <https://publikacije.stat.gov.rs/G2022/HtmlL/G20221350.html>
- Statistical Office of the Republic of Serbia. (2025). STAT database. <https://data.stat.gov.rs/>
- Simoncic, T., Kobe, J., Harmel, M., Zorn, M., Krese, G., & Boncina, A. (2024). Developing an integrative management plan for urban and peri-urban forests: A case study of Ljubljana, Slovenia. *Urban Forestry & Urban Greening*, 101, 128526. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128526>
- Spalević, A. (2013). Transformacija periurbanog prostora Beograda [Transformation of the peri-urban area of Belgrade]. Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA.
- Stathopoulou, M., & Cartalis, C. (2007). Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece. *Solar Energy*, 81(3), 358–368.
- Šećerov, V.; Filipović, D. Održivi turizam u funkciji razvoja lokalne samouprave – primer opštine Grocka. *Zbornik radova Građevinskog fakulteta* 2015, 31(27), 815–822. <https://doi.org/10.14415/konferencijaGFS2015.104>
- Van Huylenbroeck, G., Vandermeulen, V., Mettepenningen, E., & Verspecht, A. (2007). Multifunctionality of agriculture: A review of definitions, evidence and instruments. *Living Reviews in Landscape Research*, 1(1), 1–38. <https://doi.org/10.12942/lrlr-2007-3>
- Vlada Republike Srbije. (2014). Strategija poljoprivrede i ruralnog razvoja Republike Srbije za period 2014–2024. godine [Strategy of agriculture and rural development of the Republic of Serbia for the period 2014–2024]. Službeni glasnik Republike Srbije, 85. <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/vlada/strategija/2014/85/1>

Оригинални научни рад

UDC 711.143(497.11)

<https://doi.org/10.2298/GSGD2601333M>

Примљено: 26. септембра, 2025

Исправљено: 26. децембра, 2025

Прихваћено: 4. марта, 2026

**Љиљана Михајловић^{*2}, Мирољуб Милинчић^{*}, Данијела
Вукоичић^{**}, Драган Петровић^{*}**

^{} Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд, Србија*

*^{**} Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, Природно
математички факултет, Одсек за географију, Косовска Митровица, Србија*

ГЕОПРОСТОРНЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ КОРИШЋЕЊА ЗЕМЉИШНОГ ПОКРИВАЧА У ПЕРИУРБАНОМ ПОЈАСУ БЕОГРАДА: ПРИМЕР ГРАДСКЕ ОПШТИНЕ ГРОЦКА

Апстракт: Периурбана подручја одликују се интензивним просторним и функционалним трансформацијама насталим услед интеракције урбане експанзије, реструктурирања пољопривреде и промена у пејзажу. Општина Гроцка, као део периурбане зоне Београда, пролази кроз изражене промене у коришћењу земљишта посебно у зонама дуж главних саобраћајних коридора и у насељима са снажним функционалним везама са градским језгром. У раду се анализирају промене у периоду 1990–2018 применом CORINE Land Cover (CLC) базе и GIS-процедура, уз фокус на конверзије пољопривредних категорија и ширење изграђених површина. Резултати указују на смањење обрадивих површина уз континуиран пораст резиденцијалних и индустријско-комерцијалних зона. Ради увида у новије обрасце после 2018. године, анализа је допуњена класификацијом покривача земљишта заснованом на Sentinel-2 10 m подацима (Esri / Impact Observatory), за 2018. и 2024. годину, као комплементарном проценом краткорочних динамика и унутрашње хетерогености покривача, без методолошког изједначавања са CLC серијом. Налази наглашавају сложеност пери-урбаних трансформација и указују на потребу за интегрисаним приступом просторном планирању и заштити пољопривредног земљишта, којим се урбанизациони притисци усклађују са очувањем производних и пејзажних функција.

Кључне речи: промене земљишног покривача, периурбана подручја, даљинска детекција, геопросторна анализа, општина Гроцка.

¹ ljiljana.mihajlovic@gef.bg.ac.rs (corresponding author)

Љиљана Михајловић (<https://orcid.org/0000-0003-4022-8248>)

Мирољуб Милинчић (<https://orcid.org/0009-0004-0003-9957>)

Данијела Вукоичић (<https://orcid.org/0000-0002-3139-1070>)

Драган Петровић (<https://orcid.org/0000-0003-4097-0047>)

Увод

Очување и рационално коришћење земљишних ресурса представљају основни предуслов за функционалност агроекосистема, просторну стабилност руралних подручја и дугорочну еколошку одрживост (Voima, 2014; FAO & ITPS, 2015). Покривач земљишта, као интегрални елемент геопросторног оквира, одражава динамику природних и друштвених процеса (Milinčić et al., 2013), при чему је његова структура условљена међусобним деловањем физичко-географских услова, демографских кретања и економских активности (Foley et al., 2005; Keesstra et al., 2016).

Промене покривача земљишта могу бити последица урбанизације, диверзификације пољопривреде, индустријализације и климатских промена (Mihaјlović et al., 2024a), али и ширих друштвено-економских процеса као што су прерасподела становништва, конверзија намене земљишта или реструктурирање и напуштање пољопривредне производње (IPBES, 2018; Rockström et al., 2021). У пери-урбаним зонама, где се урбане и пољопривредне функције просторно и функционално преклапају, ови процеси су посебно изражени и често доводе до интензивирања конкуренције за земљиште, прогресивне деградације земљишних ресурса, повећане фрагментације пејзажа и функционалне нестабилности агроекосистема (Gatarić & Đerčan, 2024; Simoncic et al., 2024).

У контексту Београда, пери-урбани простор се најчешће посматра као транзициона и хетерогена зона обликована интензивном конкуренцијом различитих намена земљишта, функционалном зависношћу од градског језгра и убрзаном конверзијом пољопривредног земљишта под утицајем субурбанизације (Spalević, 2013; Gatarić & Đerčan, 2024). Међутим, разграничење пери-урбаних подручја није јединствено нити универзално стандардизовано, већ зависи од примењених аналитичких критеријума и просторних индикатора. У овом раду, пери-урбани карактер простора операционализује се кроз комбинацију три међусобно повезана критеријума: (i) функционалну повезаност са метрополитанским језгром Београда, (ii) доминантне обрасце промена покривача земљишта — посебно конверзије пољопривредног у грађевинско земљиште и унутрашње реструктурирање пољопривредних категорија, и (iii) демографске притиске који се превасходно испољавају кроз промене структуре домаћинства, процесе старења становништва и миграционо условљену прераспodelу популације, а не искључиво кроз апсолутни пораст броја становника.

Као пери-урбано подручје Београда, општина Гроцка представља простор у којем се дуготрајни пољопривредни обрасци укрштају са динамичним урбаним утицајима, што је током последњих деценија резултирало значајним променама коришћења земљишног покривача. Историјски препознатљива по виноградарству и воћарству, овај простор данас трпи притиске урбане експанзије и континуираног реструктурирања пољопривредних активности, праћеног делимичним напуштањем земљишта и функционалном трансформацијом руралног простора. Последице се огледају у изменама структуре пејзажа, смањењу и фрагментацији продуктивног пољопривредног земљишта и расту просторне хетерогености, што представља значајан изазов за планирање и управљање земљишним ресурсима. Истовремено, геопросторне анализе на нивоу насеља указују на изражену унутрашњу диференцијацију унутар општине, са супротстављеним развојним путањама између

претежно пољопривредних насеља и оних која пролазе кроз убрзану урбанизацију и функционално преструктурирање (Mihajlović et al., 2026).

Сагледавање просторних образаца и узрочно-последичних односа ових промена у Гроцкој омогућава боље разумевање ширих процеса који обликују пери-урбана подручја у Србији и представља основу за дефинисање мера усмерених на заштиту и унапређење агроекосистема (Spalević, 2013; Pejnović et al., 2015). Новија истраживања одрживости пољопривреде додатно указују да промене покривача земљишта, демографска динамика и инфраструктурна доступност заједнички условљавају просторну диференцијацију и функционалну рањивост насеља, чиме се наглашава значај анализе покривача земљишта као методолошке полазне тачке у истраживањима пери-урбаних простора (Mihajlović et al., 2026).

Анализа коришћења земљишног покривача применом CORINE Land Cover (CLC) базе података и GIS алата омогућава квантитативно и картографско сагледавање промена, као и повезивање типова трансформација са њиховим узрочним факторима (Bossard et al., 2000; Büttner, 2014; Mihajlović et al., 2024b). У оквиру овог аналитичког оквира, CLC подаци се користе као хармонизовани референтни извор за идентификацију дугорочних трендова покривача земљишта (1990–2018), док је анализа допуњена подацима о покривачу земљишта заснованим на Sentinel-2 снимцима просторне резолуције 10 m (Esri / Impact Observatory), за период 2018–2024. године, ради сагледавања савремених и краткорочних просторних динамика карактеристичних за периурбани простор.

Материјали и методе

Анализа просторних промена коришћења земљишног покривача на територији општине Гроцка заснована је на интегрисаном приступу даљинске детекције и ГИС анализа, који комбинује вишетемпоралне податке CORINE Land Cover (CLC) базе са допунским сателитским подацима о покривачу земљишта за период након 2018. године. Основу дугорочне анализе чинила је вишетемпорална обрада хармонизованих CLC скупова података Европске агенције за животну средину (EEA, 2020) за референтне године 1990, 2000, 2006, 2012. и 2018, што је омогућило идентификацију структурних и дугорочних трансформација покривача земљишта.

CORINE Land Cover база података настаје интерпретацијом сателитских снимака применом јединствене и стандардизоване методологије на нивоу целе Европе, уз употребу трећег нивоа тематске класификације (Level 3). Номинална размера података износи 1:100 000, минимална картографска јединица 25 ha, минимална ширина елемента 100 m, док је геометријска тачност ± 100 m (Büttner et al., 2004; Nestorov & Protić, 2006). Ове техничке карактеристике обезбеђују просторну и временску упоредивост података, чинећи CLC посебно погодним за праћење дугорочних трендова, али истовремено ограничавају могућност детекције ситноскалних, парцеларних и краткорочних промена, типичних за периурбане просторе.

Обрада података и просторне анализе извршене су применом ГИС софтвера QGIS 3.28, док су геостатистички прорачуни и индикаторске анализе реализовани у програму MS Excel. CLC анализа је била усмерена на категорије покривача земљишта које најдиректније одражавају агроекономске трансформације, еколошке процесе и притиске урбанизације у периурбаном простору, и то:

- пољопривредне категорије (211 – оранице које се не наводњавају, 221 – виногради, 222 – воћњаци и стални засади, 242 – комплекси парцела које се обрађују),
- изграђене и урбанизоване површине (112 – дисконтинуирано урбано подручје, 121 – индустријски или комерцијални комплекси, 131 – површине за експлоатацију минералних сировина, 132 – депоније),
- полуприродне и природне површине (231 – пашњаци, 243 – пољопривредно земљиште са значајним уделом природне вегетације, 311 – листопадне шуме, 313 – мешовите шуме, 324 – прелазна шумско-жбунаста вегетација, 411 – замочварена подручја, 511 – водотокови).

Промене у коришћењу земљишног покривача анализирани су у четири временска интервала (1990–2000, 2000–2006, 2006–2012, 2012–2018) применом скупа квантитативних индикатора: релативне промене површине категорије (ΔCLC), просечне годишње стопе промене у km^2 (ARC) и учешћа апсолутне промене у укупној површини општине (CCI) (Stathopoulou & Cartalis, 2007).

Релативна промена површине категорије израчуната је према формули:

$$\Delta CLC = (A_{t2} - A_{t1}) / A_{t1} \times 100 \quad (1)$$

где је А површина категорије у почетној и у завршној години интервала.
Annual Rate of Change (ARC) – просечна годишња промена у km^2 :

$$ARC = (A_{t2} - A_{t1}) / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

где је почетна A_{t1} и крајња и A_{t2} година посматраног временског интервала t_1 и t_2 .

Category Change Index (CCI) – удео апсолутне промене у односу на укупну површину општине:

$$CCI = |A_{t2} - A_{t1}| / A_{total} \times 100 \quad (3)$$

За сваки временски интервал формирана је матрица трансформација коришћења земљишног покривача, којом су идентификовани доминантни токови конверзије између категорија (нпр. 221 – виногради → 112 – дисконтинуирано урбано подручје).

Ради сагледавања просторних промена у ширем демографском контексту, у анализу су укључени подаци Републичког завода за статистику за пописне године 1991, 2002, 2011. и 2022. Израчунаван је индекс демографске промене (DPI) према формули:

$$DPI_{t1-t2} = (P_{t2} - P_{t1}) / P_{t1} \times 100 \quad (4)$$

где P_{t1} и P_{t2} представљају демографске показатеље за одговарајуће пописне године. Овај индикатор омогућава упоредно тумачење демографских динамика и промена покривача земљишта, посебно у зонама изложеним урбанизацији, депопулацији и деаграризацији.

У циљу допуне дугорочне CLC анализе и уочавања новијих просторних динамика након 2018. године, спроведена је допунска анализа покривача земљишта применом Sentinel-2 10 m скупа података о покривачу земљишта (Esri & Impact Observatory, 2024), заснованог на Copernicus Sentinel-2 снимцима (European Space Agency [ESA],

2015) за референтне године 2018. и 2024. Анализа је примењена као „snapshot” процена стања покривача, са циљем идентификације доминантних типова површинског покривача и унутрашње просторне хетерогености.

С обзиром на то да је реч о већ класификованом производу, није вршена независна пикселска класификација нити спектрална предобрада података. Извршено је просторно исецање података на административне границе општине Гроцка и израчунавање површина по класама у оквиру GIS окружења. Издвојене су генерализоване категорије: вода, дрвеће, усеви, изграђене површине, пашњаци и травнате површине, плавлена вегетација и облаци, при чему су пиксели под облацима искључени из интерпретације. Због разлика у просторној резолуцији (10 m у односу на минималну јединицу мапирања од 25 ha у CLC бази), логици класификације и методологији израде података, резултати засновани на Sentinel-2 подацима нису директно нумерички упоређивани нити спајани са CLC категоријама, већ су коришћени искључиво као комплементарни интерпретативни слој.

Ограничења примењене методологије пре свега су повезана са просторном и временском резолуцијом CLC података. Минимална картографска јединица од 25 ha, у комбинацији са фрагментираном парцеларном структуром пољопривреде у Србији, може довести до потцењивања ситноскалних и дисперзних промена. Додатно, тематска генерализација и класификациона неизвесност могу утицати на прецизност уочавања појединих типова усева и краткорочних пракси управљања земљиштем (Büttner et al., 2004; Nestorov & Protić, 2006).

У погледу Sentinel-2 скупа података, ограничења се односе на алгоритамску неизвесност класификације, могуће спектрално преклапање између појединих вегетацијских класа и сезонску варијабилност снимака, што може ограничити детаљнију наменску интерпретацију земљишта у хетерогеним периурбаним условима.

Ради повећања поузданости тумачења, резултати анализе коришћења земљишног покривача засновани на CLC временским серијама и допунским сателитским подацима разматрани су у односу на званични плански оквир, пре свега Просторни план општине Гроцка (2012), који дефинише приоритете коришћења грађевинског, пољопривредног и шумског земљишта. Оваква триангулација више извора података, која обједињује вишетемпоралне CLC податке, сателитске процене покривача земљишта, демографске индикаторе и планску документацију, омогућава свеобухватније и контекстуално утемељено тумачење трансформација покривача земљишта у периурбаном простору.

Резултати

Просторне промене коришћења земљишног покривача (CLC)

Анализа временске серије CLC података (1990, 2000, 2006, 2012, 2018) за подручје општине Гроцка указује на јасан образац ширења изграђених површина, структурну трансформацију пољопривредног земљишта, као и делимичну природну сукцесију шумске вегетације. У наставку се даје синтеза промена у најрепрезентативнијим класама покривача за период 1990–2018, уз приказ релативних промена (ΔCLC), просечне годишње стопе промене (ARC) и удела апсолутне промене у односу на укупну површину општине (CCI), чиме се обезбеђује конзистентан дугорочни оквир

за тумачење просторних трансформација коришћења земљишног покривача у пери-урбаном простору.

Промене у структури земљишног покривача условљене су не само општим урбанизацијским трендовима већ и специфичним локалним факторима историјском оријентацијом на пољопривреду (са нагласком на виноградарство и воћарство), миграционим таласима почетком 21. века, близином Београда и повољним положајем уз главне саобраћајнице.

Табела 1. Промена коришћења земљишног покривача у општини Гроцка 1990–2018. према CLC бази података

код	назив	1990. km ²	2000. km ²	2006. km ²	2012. km ²	2018. km ²
112	Discontinuous urban fabric	31,44	32,54	33,38	35,16	35,15
121	Industrial or commercial units	0,83	0,89	1,21	1,36	1,60
131	Mineral extraction sites	-	-	-	0,26	0,25
132	Dump sites	0,45	0,43	0,44	0,44	0,52
211	Non-irrigated arable land	26,96	29,40	19,05	7,22	7,22
221	Vineyards	7,10	7,15	5,45	5,12	5,12
222	Fruit trees and berry plantations	20,76	21,47	45,74	59,21	59,22
231	Pastures	2,24	2,60	2,22	1,43	1,45
242	Complex cultivation patterns	92,52	97,30	71,06	66,16	66,14
243	Land principally occupied by agriculture with significant areas of natural vegetation	84,79	84,32	84,56	85,76	85,68
311	Broad-leaved forest	14,93	16,34	18,50	19,73	19,73
313	Mixed forest	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03
324	Transitional woodland-shrub	4,98	4,42	5,18	4,91	4,75
331	Beaches - dunes - sands	0,94	0,34	0,27	0,28	0,26
411	Inland marshes	0,45	0,73	0,88	0,89	0,87
511	Water courses	11,68	11,72	11,71	11,73	11,70

(European Environment Agency, 2016, 2020; Republic of Serbia – Ministry of Environmental Protection – Environmental Protection Agency, 2023; OpenStreetMap Contributors, 2017)

Највеће апсолутне и релативне промене (Табела 1) уочене су код урбаних класа (112, 121), пољопривредних категорија (211, 221, 222, 242) и шумских површина (311), што указује на снажну трансформацију традиционалне просторне структуре агроекосистема.

Сл. 1. Графички приказ промена коришћења земљишног покривача (km²) према CLC бази података 1990–2018. године (European Environment Agency, 2016; 2020; OpenStreetMap Contributors, 2017; Republika Srbija – Ministarstvo zaštite životne sredine – Agencija za zaštitu životne sredine, 2023) (погледати у енг. верзији текста стр. 339)

- Дисконтинуирано урбано подручје (112): Δ_{CLC} 1990–2018 = +11,8%, ARC = +0,132 km²/год, CCI = 1,238%. Раст је континуиран у свим подинтервалима, најинтензивнији 2006–2012 (Δ_{CLC} = +5,33%; ARC = +0,297 km²/год). Развој ове класе је у великој мери условљен имиграционим приливом становништва из централних и јужних делова Србије почетком XXI века, што је довело до појачане периурбанизације (Милинчић, 2004). Највеће ширење забележено је у насељима Калуђерица, Лештане и Винча, где су пољопривредне парцеле пренамењене у

индивидуалну стамбену изградњу. Прелазне матрице показују да је највећи део нових урбаних површина настао на рачун категорија 211 (оранице које се ненаводњавају) и 242 (комплекси парцела које се обрађују).

- Индустријске/комерцијалне јединице (121): Δ_{CLC} 1990–2018 = +92,77%, ARC = +0,028 km²/год, CCI = 0,257%, са убрзањем после 2000. године. Овај раст је повезан са ширењем производних погона, складишта и трговинских објеката дуж Смедеревског пута, подстакнут миграцијама и растом локалне потрошачке базе. Прелазне матрице указују да се повећање ове категорије најчешће дешавало на рачун 211 (оранице које се ненаводњавају).
- Експлоатација минералних сировина (131): Δ_{CLC} 2012–2018 = +46,67%, ARC = +0,005 km²/год, CCI = 0,046%. Највећи раст је у периоду после 2012, у корелацији са појачаном грађевинском активношћу у Београду. Локализација ових активности је углавном у насељима Болеч и Лештане (каменоломи, експлоатација грађевинског материјала).
- Депоније (132): Δ_{CLC} 1990–2018 = +15,56%, ARC = +0,003 km²/год, CCI = 0,023%. Иако површине депонија чине мали удео у укупној територији општине, њихов пораст је значајан индикатор притисака на животну средину. Највећи раст забележен је у периоду након 2012. године, делом као последица ширења постојећих локација и неформалног одлагања отпада у зонама рубне урбанизације, што утиче на деградацију земљишта и квалитет подземних вода. Такође, повећана је површина санитарне депоније у насељу Винча, али и без обзира на организоване одлагање отпада број и површине дивљих депонија на простору општине Гроцка су све приметније и представљају еколошки проблем.
- Обрадиве површине које се ненаводњавају (211): Δ_{CLC} 1990–2018 = –73,22%, ARC = –0,705 km²/год, CCI = 6,587%. Највећи пад је 2000–2006 (Δ_{CLC} = –35,2%; ARC = –1,725 km²/год) и 2006–2012 (Δ_{CLC} = –62,1%; ARC = –1,972 km²/год). Пад је највећи у интервалима 2000–2006 и 2006–2012, што указује на интензивну пренамену у трајне засаде (222) и урбане површине (112). Губитак ратарске основе значи и губитак дела традиционалне производње житарица и крмног биља, али и директно утиче на нагло смањење броја домаћинства која се баве сточарством. У периоду између два последња пописа пољопривреде (2012–2023) број условних грла опао је са 3.833 (2012) на 2.622 (2023), а број сточарских газдинстава са 1.860 на 834. Највећи пад забележен је код свиња (са 7.634 на 2.893 грла) и у броју домаћинства која их узгајају (са 1.152 на 458), док је код оваца и коза такође присутан негативан тренд, а број говеда остао релативно стабилан (РЗС, 2025).
- Воћњаци и стални засади (222): Δ_{CLC} 1990–2018 = +185,26%, ARC = +1,374 km²/год, CCI = 12,833%. Највећи пораст је 2000–2006 (Δ_{CLC} = +113,0%; ARC = +4,045 km²/год) и 2006–2012 (Δ_{CLC} = +29,45%; ARC = +2,245 km²/год). Раст ове категорије одражава прелазак са традиционалних ратарских култура и винограда на високо профитабилно воћарство (јабуке, кајсије, брескве, трешње), уз инвестиције у савремене засаде.
- Површине под виноградима (код 221) у периоду 1990–2018. забележен је релативни пад од Δ_{CLC} = –27,88%, што представља губитак од –0,071 km² годишње (ARC), са укупним уделом апсолутне промене у површини општине од CCI = 0,662%. Највећи пад је евидентиран у интервалу 2006–2012 (Δ_{CLC} = –12,45%), док је у периоду 2012–2018 динамика губитка успорена (Δ_{CLC} = –4,12%). Иако је укупно смањење површина релативно умерено у поређењу са падом ораница (211), значај

ове категорије за локални идентитет и економију општине Гроцка је изразито висок. Виноградарство има вишевековну традицију, условљену повољним климатским условима, конфигурацијом терена (благе јужне и југоисточне експозиције падина) и близином тржишта престонице, што омогућава брз пласман свежег грождја и винских производа. Прелазне матрице (Matrix of Land Cover Transitions) показују да је највећи део изгубљених виноградских површина прешао у категорију трајних засада воћа (код 222) и у мањој мери у категорију дисконтинуираног урбаног подручја (код 112). Ови процеси су повезани са транзиционим променама у аграру након 2000. године, укључујући реституцију, фрагментацију парцела, промену власничке структуре и оријентацију ка културама са већом тржишном добити.

- Комплекси парцела које се обрађују (242): $\Delta_{CLC} 1990-2018 = -28,51\%$, $ARC = -0,942 \text{ km}^2/\text{год}$, $CCI = 8,802\%$. Ова класа, која представља мозаик мањих парцела под различитим културама, често у власништву више газдинстава, традиционално је била присутна у зонама са мешовитом производњом (ратарство, повртарство, виногради, воћњаци). Њено смањење указује на распад аграрног привредног сектора услед процеса комасације, пренамене у трајне засаде (222), али и услед урбанизацијског притиска. У зонама ближим урбаним језгрима, посебно у Калуђерици, Лештанима и Болечу, комплексне парцеле уступају место стамбеној изградњи (112), док у рубним деловима општине део тих површина прелази у шумске категорије (311) као резултат напуштања обраде и природне сукцесије.
- Пашњаци (231): $\Delta_{CLC} 1990-2018 = -35,27\%$, $ARC = -0,028 \text{ km}^2/\text{год}$, $CCI = 0,263\%$. Смањење пашњачких површина најизраженије је у првој деценији анализираног периода, када је део претворен у воћњаке (222) и комплексе парцела које се обрађују (242), док је у зони урбаних притисака дошло до њихове потпуне конверзије у стамбену и комерцијалну изградњу. Овај тренд одражава пад сточарства у општини Гроцка, што је додатно утицало на деградацију традиционалног аграрног пејзажа.
- Листопадне шуме (311): $\Delta_{CLC} 1990-2018 = +32,15\%$, $ARC = +0,171 \text{ km}^2/\text{год}$, $CCI = 1,602\%$. Пораст је доминантно последица секундарне сукцесије на напуштеним пољопривредним парцелама, нарочито у вишим и мање приступачним деловима Гроцке (нпр. околина Држња, Живковца, Камендола). Ове површине имају еколошку функцију у очувању биодиверзитета и заштити земљишта од ерозије, али истовремено означавају трајни губитак пољопривредног потенцијала.
- Мешовите шуме (313) и прелазни шумско-жбунасти терени (324): Иако су апсолутне промене мање у односу на листопадне шуме, ове категорије играју значајну улогу као прелазни облици између пољопривредних и потпуно шумских површина. Прелазне матрице указују да је њихов раст у великој мери последица постепене натуралне сукцесије на парцелама које су напуштене због демографског старења становништва и смањеног економског интереса за пољопривреду
- Плаже, дине, пескови (331): $\Delta_{CLC} 1990-2018 = -72,34\%$, $ARC = -0,024 \text{ km}^2/\text{год}$, $CCI = 0,227\%$, при чему се ради о малим површинама и локалним изменама у приобаљу. Део општине (Винча, Болеч, Ритопек, Заклопача, Гроцка, Брестовик) се протеже дуж леве обале Дунава, а у њену површину спада и више речних острва на којима се у зависности од водостаја јављају пешчане плаже.
- Водотокови (511) и замочварена подручја (411) показују мале апсолутне али у процентима видљиве промене (нпр. 411: $\Delta_{CLC} 1990-2018 = +93,33\%$), уз ограничен

утицај на укупну површину, али значајан за локалне хидролошке услуге. Иако површински незнатне, ове категорије су од кључног значаја за очување екосистемских услуга, као што су регулација хидролошког режима, филтрација воде и обезбеђивање станишта за ретке врсте. Уочен је благ пад површина под водотоковима (511) у појединим зонама, што се доводи у везу са више фактора: делимичним регулисањем и каналисањем токова, смањењем протока услед климатских промена и сушних периода, као и повећаним захватом воде за наводњавање у интензивним воћарским засадима. На приобаљу Дунава уочава се и утицај урбанизације, која у појединим сегментима доводи до смањења природне обале и деградације приобалних станишта.

Сл. 2. Промена коришћења земљишног покривача општине Гроцка 1990–2018. по CORINE класификацији (European Environment Agency, 2016;2020; OpenStreetMap Contributors, 2017; Republika Srbija – Ministarstvo zaštite životne sredine – Agencija za zaštitu životne sredine, 2023. –прилагођено) (погледати у енг. верзији текста, стр. 342)

Иако CLC анализа обезбеђује поуздан увид у дугорочне промене покривача земљишта на нивоу општине, она не омогућава идентификацију краткорочних и ситноразмерних просторних варијација карактеристичних за периурбане пределе, што је у овом раду додатно размотрено кроз допунску анализу сателитских података у наредном одељку.

Sentinel-2 анализа покривача земљишта (2018–2024)

Ради допуне дугорочне анализе промена покривача земљишта засноване на CORINE Land Cover (CLC) бази и сагледавања новијих просторних динамика након 2018. године, спроведена је допунска анализа применом Sentinel-2 10 m скупа података о покривачу земљишта (Esri & Impact Observatory, 2024), заснованог на Copernicus Sentinel-2 снимцима (European Space Agency [ESA], 2015) за референтне године 2018. и 2024. Анализа је примењена као високорезолуциона „snapshot“ процена структуре покривача земљишта, са циљем идентификације краткорочних промена и унутрашње просторне хетерогености доминантних типова покривача у периурбаном простору општине Гроцка.

Табела 2. Класе покривача земљишта добијене на основу Sentinel-2 10 m скупа података у општини Гроцка (2018. и 2024)

Код	Класа покривача	Површина 2018. (km ²)	Површина 2024. (km ²)	Промена 2018–2024. (km ²)
1	Воде	11,94	11,92	–0,02
2	Дрвеће	84,51	89,67	+5,16
4	Плављена вегетација	0,15	0,74	+0,59
5	Усеви	128,98	114,88	–14,10
7	Изграђене површине	55,25	62,69	+7,44
8	Облаци*	1,11	0,52	–0,59
11	Пашњачке површине	17,75	19,27	+1,52

Подручја прекривена облацима искључена су из интерпретације промена покривача земљишта.

Скуп података заснован на Sentinel-2 снимцима представља унапред класификован годишњи производ просторне резолуције 10 m. У оквиру анализе извршено је просторно исецање података на административну границу општине Гроцка и израчунавање површина по класама у GIS окружењу. Добијене класе

представљају доминантан тип површинског покривача на нивоу пиксела, а не функционално дефинисане категорије коришћења земљишта у смислу CLC класификације.

Сл. 3. Просторни обрасци покривача земљишта у општини Гроцка на основу Sentinel-2 10 m скупа података за 2018. и 2024. годину (Esri & Impact Observatory, 2024; European Space Agency [ESA], 2015 – обрада аутора); Кодови класа: 1 – воде, 2 – дрвеће, 4 – плавлена вегетација, 5 – усеви, 7 – изграђене површине, 11 – пашњачке површине; класа 8 (облаци) искључена је из интерпретације (погледати у енг. верзији текста, стр. 343)

Резултати Sentinel-2 анализе (Табела 2) указују на изражен пораст изграђених површина и површина под дрвенастом вегетацијом у периоду 2018–2024, уз истовремено смањење активно обрађиваног пољопривредног земљишта (класа „усеви“) и умерено повећање пашњачких површина. Уочене промене у површинама под водама и плавленом вегетацијом су малог апсолутног обима и у највећој мери условљене сезонским и хидролошким условима у тренутку снимања, док су површине прекривене облацима искључене из анализе.

Неопходно је нагласити да директно квантитативно поређење класа добијених на основу Sentinel-2 података и CLC категорија није методолошки оправдано, услед разлика у просторној резолуцији (10 m у односу на минималну јединицу картографисања од 25 ha у CLC бази), тематским класификационим шемама и методама продукције података. Док CLC база обезбеђује хармонизован и дугорочно упоредив оквир за праћење промена покривача земљишта на регионалном и националном нивоу (1990–2018), Sentinel-2 подаци омогућавају идентификацију ситноразмерних просторних варијација и краткорочних динамика типичних за периурбане пределе.

Сходно томе, Sentinel-2 анализа је у овом раду коришћена искључиво као допунска, пост-2018 интерпретативна процена, која подржава тумачење трендова идентификованих на основу CLC података као што су наставак урбаног ширења, трансформације пољопривредног земљишта и промене вегетационог покривача без имплицирања нумеричке еквиваленције између ова два скупа података. Комбиновањем дугорочне конзистентности CLC базе и просторне детаљности Sentinel-2 података значајно се унапређује интерпретација трансформација покривача земљишта у периурбаном простору општине Гроцка.

Демографско-економски оквир аграрних трансформација

Демографски развој општине Гроцка у периоду од 1961. до 2024. године показује јасно издвојене фазе раста, стабилизације и новије стагнације (Табела 3). Након умереног пораста у послератном периоду, општина улази у фазу интензивног раста становништва између 1960-их и 1980-их година, пре свега као последица процеса субурбанизације и миграција из централне и јужне Србије. Почетком 2000-их година (Попис 2002), број становника је премашао 75.000, чиме је Гроцка сврстана међу најбрже растуће периурбане општине у оквиру београдске метрополитенске зоне.

Дугорочна демографска путања општине Гроцка приказана је на Слици 4, која даје упоредни преглед кретања броја становника и броја домаћинстава у периоду 1948–2022. године. Графикон јасно указује на раздвајање трендова континуирани раст броја домаћинстава насупротив стагнацији и благом опадању укупног броја становника што упућује на процесе демографске индивидуализације и старења становништва.

Сл. 4. Демографски показатељи: упоредни преглед броја становника и домаћинства 1948 – 2022. у насељима Општине Гроцка (РЗС, 2014; 2023; 2025) (погледати у енг. верзији текста, стр 345)

Индекс демографских промена (DPI) додатно потврђује ову динамику. У периоду 1991–2002. године DPI износио је +8,67%, док је највећи релативни раст забележен у интервалу 2002–2011 (DPI = +11,19%), што се временски поклапа са убрзаним ширењем изграђених површина идентификованим кроз CORINE Land Cover анализу. Након 2011. године долази до значајне промене демографских трендова: у периоду 2011–2022. DPI постаје негативан (–1,31%), што указује на демографску zasiћеност и почетак опадања броја становника, упркос даљем просторном ширењу стамбених зона.

Табела 3. Фазе раста становништва и домаћинства у општини Гроцка (1948–2024)

Период	Становништво	Апсолутна промена	Домаћинства	Кључна демографска фаза
1948–1961.	28.927 → 32.836	+3.909	6.164 → 7.938	Умерен послератни раст
1961–1981.	32.836 → 54.599	+21.763	7.938 → 15.222	Интензивна субурбанизација
1981–2002	54.599 → 75.466	+20.867	15.222 → 24.313	Имиграциони раст
2002–2011	75.466 → 83.907	+8.441	24.313 → 27.134	Демографски максимум
2012–2022.	83.907 → 82.810	–1.097	27.134 → 31.333	Демографска стагнација
2022–2024.*	82.810 → 83.012	+202	–	Краткорочна стабилизација

* процене становништва; Извор: РЗС (2014; 2023; 2025)

Важно је нагласити да новија стабилизација броја становника није последица природног прираштаја. Од средине 2010-их година, у општини Гроцка бележи се континуирано негативан природни прираштај, који је посебно изражен током пандемије COVID-19 (2020–2021). Ипак, позитиван миграциони салдо је делимично компензовао природни губитак, што је условило краткорочну стабилизацију броја становника након 2022. године (Табела 4). За 2011. годину миграциони салдо није експлицитно исказан у издвојеним СТАТ табелама; стога се интерпретација тренда ослања превасходно на период 2012–2024. године. Оваква демографска структура објашњава привидни парадокс наставка урбанизације у условима стагнирајућег или опадајућег броја становника.

Табела 4. Природно кретање становништва и миграциони салдо у општини Гроцка (2011–2024)

Период	Природни прираштај (%)	Миграциони салдо	Доминантни фактор
--------	------------------------	------------------	-------------------

2011–2015.	Благо позитиван до неутралан	Позитиван	Субурбане миграције
2016–2019.	Негативан	Позитиван	Компензација природног губитка
2020–2021.	Изразито негативан	Смањен	Утицај COVID-19
2022–2024.	Негативан	Позитиван (+311 до +421)	Миграциона стабилизација

Извор: РЗС (2025), СТАТ база података

Динамика домаћинства додатно потврђује овакву интерпретацију. Иако је раст броја становника успорен, број домаћинства наставља континуирано да расте, што одражава процесе демографске индивидуализације смањење просечне величине домаћинства, старење становништва и раст броја самачких и старачких домаћинства. Овај тренд одржава потражњу за стамбеном изградњом у периурбаним насељима, без пропорционалног пораста укупног броја становника. Раст броја домаћинства, а не раст укупног броја становника доприноси континуираном ширењу дисконтинуираног урбаног ткива (CLC класа 112) током 2000-их и 2010-их година, посебно у периурбаним насељима.

Табела 5. Индикатори старења и демографске зависности у општини Гроцка (2011–2024)

Индикатор	2011.	2024.	Промена
Укупни коефицијент зависности	41,3	57,7	+16,4
Коефицијент младих	22,2	24,5	+2,3
Коефицијент старих	19,1	33,1	+14,0
Удео старих (65+)	–	у порасту	Изражено старење

Извор: РЗС (2014; 2025)

Показатељи старосне структуре указују на изражено старење становништва. Између 2011. и 2024. године укупни коефицијент зависности повећан је са 41,3 на 57,7, пре свега услед раста удела старијег зависног становништва (на основу процена становништва; Табела 5). Ови трендови имају директне последице по аграрне системе, јер смањују расположиву радну снагу, подстичу напуштање земљишта и усмеравају производњу ка мање радно интензивним облицима пољопривреде.

Подаци пописа пољопривреде додатно потврђују наведене демографске притиске. У периоду 2012–2023. године број грла стоке и сточарских газдинстава значајно је опао, док су трајни засади, посебно воћњаци, повећали свој удео у укупној пољопривредној производњи. Ова структурна трансформација усклађена је са променама покривача земљишта идентификованим CORINE анализом, нарочито са смањењем ораница (класе 211 и 242) и порастом трајних засада (класа 222).

Укупно посматрано, демографско старење, негативан природни прираштај и миграционо условљен раст броја домаћинства представљају кључне покретаче аграрних трансформација у општини Гроцка. Ови процеси подупиру конверзију комплексних образаца обраде у трајне засаде и урбане површине, директно утичући на одрживост и мултифункционалност периурбане пољопривреде.

Дискусија

Анализа просторних, демографских и аграрних индикатора у општини Гроцка указује на вишеслојан процес периурбане трансформације, који је обликован међусобним деловањем промена у коришћењу земљишног покривача, демографског реструктурирања и функционалног урбаног утицаја града Београда. На основу временске серије CORINE Land Cover (CLC), период 1990–2018 карактерише систематично смањење пољопривредних површина, уз истовремено ширење изграђених зона и шумских категорија, што указује на дугорочну реконфигурацију периурбаног пејзажа.

Најизраженије промене односе се на пад ораница које се ненаводњавају (211) и комплекса парцела које се обрађују (242), као и на истовремено повећање површина под трајним засадима (222) и листопадним шумама (311). Ови трендови одражавају истовремено деловање урбанизационих притисака и аграрног реструктурирања, при чему се радно интензивни и фрагментисани пољопривредни системи постепено замењују мање захтевним облицима коришћења земљишта или се напуштају, што омогућава секундарну сукцесију. Слични процеси забележени су у периурбаним зонама југоисточне и централне Европе, где деаграризација и напуштање земљишта често коезистирају са селективном пољопривредном интензификацијом (Pejnović et al., 2015; Simončić et al., 2024).

Са демографског аспекта, општина Гроцка показује јасан прелаз од имиграционо условљеног раста ка демографској стагнацији, при чему последњи међупописни период (2011–2022) бележи негативан индекс демографске промене (DPI). Овај заокрет је пре свега последица трајно негативног природног прираштаја и израженог старења становништва, док унутрашње миграције остају позитивне, али недовољне да компензују природне губитке. Важно је нагласити да ова демографска стагнација не значи и заустављање просторне експанзије, будући да број домаћинстава наставља да расте, што указује на процесе демографске индивидуализације, смањење величине домаћинстава и повећање удела старачких и самачких домаћинстава.

Раст броја домаћинстава, а не укупан пораст становништва, показује се као кључни фактор који објашњава континуирано ширење дисконтинуираног урбаног ткива (CLC 112) током 2000-их и 2010-их година, нарочито у насељима са израженом функционалном и инфраструктурном повезаношћу са метрополитанским системом Београда (Калуђерица, Лештане, Винча, Болеч). Овај налаз је у складу са ширим процесима периурбанизације у другим београдским општинама, где се просторна експанзија наставља и у условима стагнације или благог пада броја становника (Spalević, 2013; Gatarić & Đerčan, 2024).

Последице ових процеса по аграрну структуру су значајне. Демографско старење и смањење расположиве радне снаге убрзали су опадање сточарске производње и радно интензивних пољопривредних система, док су трајни засади, нарочито воћњаци, повећали свој удео, ослањајући се на близину тржишта, повољне агроеколошке услове, и мање захтеве у погледу рада. Ово реструктурирање је у складу са подацима пописа пољопривреде (2012–2023) и кореспондира са променама покривача земљишта идентификованим у CLC анализи, посебно са смањењем ораница и мозаичних пољопривредних површина. Историјска оријентација Гроцке ка воћарству и виноградарству има стога двоструку улогу: с једне стране повећава рањивост ових површина на урбану конверзију, а с друге стране представља развојни потенцијал за мултифункционалну и тржишно оријентисану периурбану пољопривреду (Filipović & Obradović-Arsić, 2010; Šećerov & Filipović, 2015; Mihajlović et al., 2026).

У поређењу са другим периурбаним општинама Београда (Младеновац, Лазаревац, Обреновац), Гроцка дели заједничке изазове као што су губитак пољопривредног земљишта, деаграризација и старење становништва, али се издваја по релативном континуитету пољопривредног коришћења и доминацији трајних засада веће економске вредности. За разлику од индустријски трансформисанијих периурбаних зона, Гроцка и даље задржава просторно кохерентан пољопривредни појас, што представља реалну основу за просторно диференциране мере заштите и развоја (Mihajlović et al., 2026). Слични обрасци уочени су и у периурбаним зонама Загреба и Љубљане, где континуитет пољопривреде омогућава ефикаснију интеграцију просторног планирања, пољопривреде и заштите животне средине (Pejnović et al., 2015; Simoncic et al., 2024).

Иако CLC база података пружа уједначен и упоредив оквир за дугорочну анализу покривача земљишта, њена просторна резолуција и минимална картографска јединица ограничавају детекцију ситних и краткорочних промена типичних за периурбане просторе (Büttner, 2014), посебно након 2018. године. Допунске сателитске анализе засноване на Sentinel-2 подацима (пост-2018) делимично ублажавају ово ограничење, омогућавајући детекцију новијих просторних динамика. Међутим, ови подаци нису директно упоредиви са CLC категоријама због разлика у просторној резолуцији, класификационој шеми и методолошком приступу класификацији. Ипак, њихова комбинована употреба је аналитички оправдана, будући да оба извора доследно указују на исти смер трансформација: континуирану урбану експанзију, аграрно реструктурирање и промене вегетационог покривача, чиме се јача поузданост интерпретације упркос методолошкој хетерогености.

Налази имају јасне импликације за одрживо управљање земљиштем у периурбаним зонама. У складу са Европском стратегијом за земљиште до 2030. године, Стратегијом пољопривреде и руралног развоја Републике Србије и Просторним планом општине Гроцка, приоритетне мере треба да обухвате:

- просторно издвајање и правну заштиту приоритетних пољопривредних зона са доминантним трајним засадама (CLC 222) и преосталим комплексима обраде (CLC 242);
- строжу контролу конверзије пољопривредног земљишта у зонама изложеним интензивној стамбеној експанзији, кроз бољу координацију урбанистичког и аграрног планирања;
- ревитализацију деградираних и напуштених површина, укључујући бивша експлоатациона подручја грађевинског материјала, применом агрошумарских система и екстензивних пољопривредних пракси прилагођених демографским ограничењима;
- интеграцију агротуризма и руралног туризма као допунских активности, ослоњених на очуване воћњаке, винограде и традиционалне пејзаже;
- усклађивање аграрних подстицаја са агроеколошким капацитетима и резултатима просторног зонирања, уместо униформних политика.

У целини, периурбана трансформација општине Гроцка представља структурно сложен процес у којем истовремено делују промене у коришћењу земљишног покривача, демографско старење и функционална урбана интеграција. Упркос различитим изворима и временском обухвату података, конвергенција просторних, демографских и аграрних индикатора потврђује кохерентну путању периурбаног реструктурирања, што представља поуздану основу за научно утемељене и политички релевантне закључке, као и за будућа истраживања.

Закључак

Анализа просторних, демографских и агроекономских промена у општини Гроцка потврђује да је периурбани појас Београда током последњих деценија прошао кроз сложен и дуготрајан процес структурне трансформације, условљен међусобним дејством урбанизације, реструктурирања пољопривреде и демографске транзиције. На основу вишетемпоралних CORINE Land Cover (CLC) података за период 1990–2018, допуњених сателитском анализом покривача земљишта након 2018. године заснованом на Sentinel-2 подацима, и детаљних демографских индикатора, у раду је обезбеђен свеобухватан и методолошки транспарентан увид у динамику промена покривача земљишта у интензивно трансформисаном периурбаном простору.

Квантитативни показатељи добијени применом индекса Δ CLC, ARC и CCI, у комбинацији са Индексом демографске промене (DPI), омогућили су јасну идентификацију доминантних трансформационих путања које обликују просторну динамику општине Гроцка. Резултати недвосмислено указују на значајно смањење класичног ораничарског земљишта и мозаичних пољопривредних система (CLC 211: –73,22%; CLC 242: –28,51%), уз истовремени раст трајних засада као доминантне и економски стабилније пољопривредне категорије (CLC 222: +185,26%). Овај процес представља резултат тржишно оријентисане агроекономске адаптације и смањене доступности радне снаге услед старења становништва, а не равномерну интензификацију пољопривредне производње.

Истовремено, забележен је континуирани раст дисконтинуираног урбаног ткива (112) и индустријско-комерцијалних зона (121), посебно дуж главних саобраћајних коридора и у насељима са израженим функционалним везама са урбаним језгром Београда. Посебно је значајно да се ова просторна експанзија наставља и након 2011. године, у условима демографске стагнације, што указује да раст броја домаћинстава и демографска индивидуализација – а не укупни пораст броја становника – представљају кључне покретаче периурбаног заузимања земљишта.

Пораст површина намењених експлоатацији минералних сировина (131), иако релативно ограничен у апсолутним просторним размерама, има несразмерно велике еколошке и просторне последице, што наглашава потребу за обавезном санацијом и постексплоатационом рекултивацијом земљишта, у складу са планским и еколошким документима. Са друге стране, секундарна сукцесија и ширење листопадних шума и прелазне шумско-жбунасте вегетације указују на делимичан опоравак екосистема, али истовремено означавају трајни губитак пољопривредног потенцијала у демографски ослабљеним зонама.

Демографска анализа показује да је општина Гроцка ушла у зрели стадијум периурбаног развоја, који карактеришу негативан природни прираштај, изражено старење становништва и раст домаћинстава условљен миграцијама. Изражена унутрашња просторна диференцијација потврђује да униформни приступи управљању земљиштем и пољопривредном политиком нису адекватни, будући да поједина насеља задржавају већу агроекосистемску отпорност, док су друга изложена кумулативним демографским, економским и просторним притисцима.

Комбинована примена хетерогених извора података – CLC базе, Sentinel-2 сателитских података, демографске статистике и пољопривредних пописа – подразумева

методолошка ограничења и неупоредивост у просторним резолуцијама и класификационим шемама. Ипак, конвергенција резултата свих коришћених извора доследно указује на исту путању трансформација, чиме се јача поузданост укупне интерпретације и ублажавају појединачна ограничења података.

У целини, резултати истраживања указују на потребу за територијално диференцираним и интегрисаним приступом управљању периурбаним простором, који би требало да обухвати:

- очување преосталих мултифункционалних пољопривредних пејзажа и комплекса мозаичних образаца обраде (242) као кључних елемената биодиверзитета, просторне стабилности и локалне отпорности;
- стабилизацију и одрживо унапређење трајних засада (222) у складу са локалним агроеколошким условима и смањеном расположивошћу радне снаге;
- строгу регулацију и просторну селективност даљег ширења урбаних и индустријских зона (112, 121) у подручјима високог пољопривредног и еколошког квалитета;
- систематску санацију и рекултивацију површина под експлоатацијом минералних сировина (131) уз обавезну постексплоатациону намену земљишта;
- интегрисано просторно планирање које повезује еколошке, пољопривредне и демографске критеријуме у процесима доношења одлука.

У том контексту, општина Гроцка представља репрезентативан, али не и хомоген пример периурбане трансформације, у којем се вековна пољопривредна традиција сусреће са интензивним урбаним притисцима. Методолошки оквир и резултати приказани у овом раду пружају применљиву аналитичку основу за компаративна истраживања периурбаних подручја у Србији и југоисточној Европи, доприносећи развоју планирања и формулисању јавних политика. Интегрисано управљање коришћењем земљишта и демографским ресурсима представља стога предуслов дугорочне одрживости, мултифункционалности и отпорности периурбаних простора у условима убрзане урбанизације и климатских притисака.

Захвалност: Студија је реализована уз подршку Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије (Уговори број: 451-03-137/202 -03/200123 и 451-03-137/2025-03/200091)

Сукоб интереса: Аутори изјављују да нема сукоба интереса.

Напомена издавача: Српско географско друштво остаје неутрално по питању јурисдикције у објављеним мапама и институционалним везама.

© 2025 Српско географско друштво, Београд, Србија.

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)