



Primljeno / Received  
29-06-2021 / 2021-06-29

Prihvaćeno / Accepted  
05-09-2021 / 2021-09-05

Josip Šetka  
Petra Radeljak Kaufmann  
Luka Valožić

## Promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju od 1990. do 2020. godine

### Land use and land cover changes in the Lower Neretva Region from 1990 to 2020

Promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta rezultat su složene interakcije čovjeka i okoliša. U radu se analizira promjena zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju 1990. – 2020. godine. Promjene političkoga i ekonomskoga sustava početkom 1990-ih posredno su i neposredno utjecale na promjene u pejzažu. Obradom multispektralnih snimaka izrađeni su kartografski prikazi zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta za 1990., 2005. i 2020. godinu. Osnovni izvor podatka bile su multispektralne satelitske snimke Landsat 5, Landsat 7 i Landsat 8. Struktura zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta utvrđena je hibridnim pristupom, tj. kombinacijom nenadzirane i ručne (vizualne) klasifikacije. Vrednovanje točnosti klasifikacija odrađeno je s pomoću matrice konfuzije i kappa koeficijenta. Rezultati istraživanja pokazuju da je u navedenom razdoblju došlo do porasta udjela izgrađenih površina za gotovo 33 %. Poljoprivredne površine te šume i travnjaci također su zabilježili porast, dok je udio močvara i površina s oskudnom vegetacijom reduciran.

Changes in land use and land cover are the result of complex interactions between humans and their environment. This study examines land use and land cover changes in the Lower Neretva Region between 1990 and 2020. Political and economic changes in the early 1990s resulted in changes in the landscape, both directly and indirectly. Multispectral image processing was used to create thematic maps of land use and land cover for 1990, 2005, and 2020. Satellite images from Landsat 5, Landsat 7 and Landsat 8 were the main source of data. Land use and land cover structure was assessed using a hybrid approach, combining unsupervised and manual (visual) classification methods. An assessment of classification accuracy was carried out using a confusion matrix and kappa coefficient. According to the results of the study, the percentage of built-up areas increased by almost 33%. Agricultural land and forests and grasslands also increased, while the proportion of swamps and sparse vegetation areas decreased.

**Cljučne riječi:** zemljišni pokrov, način korištenja zemljišta, daljinska istraživanja, Donjoneeretvanski kraj

**Key words:** land cover, land use, remote sensing, Lower Neretva Region

## Uvod

Već tisućljećima čovjek mijenja svoje okruženje. Veći dio ljudske povijesti čovjek je bio lovac i sakupljač, a otkrićem vatre započelo je prvo znatnije mijenjanje okoliša (Grigg, 1987). U kontekstu promjene zemljišnoga pokrova, ali i promjene društva općenito kao prekretnica navodi se industrijska revolucija (Worster, 1994; Goldewijk i Ramankutty, 2009). Došlo je do nagla rasta svjetske populacije, nastupila je globalizacija svjetske ekonomije, a proces urbanizacije sve više je dolazio do izražaja. Zahvaljujući svim nabrojenim promjenama te novim tehnološkim postignućima, posljedice su u tolikoj mjeri značajne da se teško može govoriti o dijelovima planeta Zemlje na koje čovjek nije u nekom smislu utjecao (Lu i dr., 2004; Horvat, 2013).

Promjena zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta (eng. *land use and land cover change*) široko je prepoznata kao poveznica između društvenih procesa (ekonomskih, političkih, kulturnih) s jedne i okoliša s druge strane (Rayner i dr., 1994; Cvitanović, 2014a; Msofe i dr., 2019). Satelitske su snimke pritom bogat izvor prostornih podataka te omogućuju brz uvid u stanje i procese na Zemljinoj površini. S obzirom na kontinuirano motrenje Zemlje posljednjih pola stoljeća stvorila se osnova za analizu povijesnih promjena zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta (Longley i dr., 2005; Campbell, 2006; Valozić, 2015; Jogun i dr., 2017).

U svjetskoj geografskoj literaturi, ali i srodnim disciplinama, daljinska istraživanja i satelitske snimke već su neko vrijeme ključne u proučavanju zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta, od regionalne do lokalne razine (Horvat, 2013). Radovi su često fokusirani na područja koja su u novijoj povijesti doživjela drastične promjene u prostoru kao posljedicu urbanizacije, gospodarskoga rasta i sl. Navedeno se prvenstveno odnosi na područja u Aziji, Africi i Latinskoj Americi (Xu i dr., 2000; Lambin i dr., 2003; Mundia i Aniya, 2005; Issa i Shuwaihi, 2011; Souza i dr., 2013; Nwilo i dr., 2020; Patra i Gavske, 2021). U Europi je velik broj istraživanja zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta proveden u državama srednje i istočne Europe koje su prošle i prolaze kroz proces promjene političkoga i ekonomskoga sustava, a koji pokazuju slične obrasce promjena (Václavík i

## Introduction

Humans have been changing the environment for millennia. Throughout most of human history, man has been a hunter-gatherer, and the discovery of fire began the first significant environmental change (Grigg, 1987). The Industrial Revolution is cited as a turning point due to changes in society as a whole, but also due to changes in land cover (Worster, 1994; Goldewijk and Ramankutty, 2009). The world population grew rapidly, the economy grew globally, and urbanisation accelerated. All those changes and technological advances led to such a dramatic impact that it is now almost impossible to find parts of the Earth that have not been touched by mankind in some way (Lu et al., 2004; Horvat, 2013).

It is widely recognised that land use and land cover changes represent a link between social processes (economic, political, and cultural) on one hand and the environment on the other (Rayner et al., 1994; Cvitanović, 2014a; Msofe et al., 2019). Thereby, satellite imagery offers a wealth of information about processes on the Earth's surface that can be analysed quickly. The Earth has been continuously observed from orbit for more than half a century, so the basis for analysing historical land use and land cover changes has been thoroughly developed (Longley et al., 2005; Campbell, 2006; Valozić, 2015; Jogun et al., 2017).

The use of remote sensing and satellite imagery, from regional to local scales, has been of critical importance in researching land use and land cover in international geography literature, as well as in related fields (Horvat, 2013). A considerable number of scientific papers deal with areas that have changed rapidly because of urbanisation, economic growth, etc. This mainly concerns areas in Asia, Africa, and Latin America (Xu et al., 2000; Lambin et al., 2003; Mundia and Aniya, 2005; Issa and Shuwaihi, 2011; Souza et al., 2013; Nwilo et al., 2020; Patra and Gavske, 2021). In Europe, a large number of studies of land use and land cover have been conducted in countries in Central and Eastern Europe that have undergone and are still undergoing processes of political and economic change in a similar manner (Václavík and Rogan, 2009; Dan-

Rogan, 2009; Dannenberg i Kuemmerle, 2010; Mihai i dr., 2015; Cvitanović i dr., 2017).

Od sredine 20. stoljeća u hrvatskoj znanstvenoj i stručnoj literaturi počeli su se objavljivati radovi povezani s tematikom zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta (Crkvenčić, 1951; Rogić, 1957; usp. Cvitanović, 2014b; Jogun i dr., 2017). U skladu s vremenom promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta proučavale su se deskriptivnim pristupom. Korišteni su podatci katastra, državnoga arhiva ili poljoprivredne statistike iz kojih bi se iščitale vrijednosti određenih površina zemljišta u određenoj godini i na temelju usporedbe donosili bi se zaključci o promjenama koje vladaju u prostoru. Kao najistaknutije znanstvenike koji su se sredinom 20. stoljeća bavili ovom problematikom valja istaknuti I. Crkvenčića i V. Rogića. Oni kao prevladavajuće procese navode intenzifikaciju poljoprivrede i deforestaciju nastale zbog agrarnih reformi i demografskoga rasta (Crkvenčić, 1951; 1957; 1958; Rogić, 1957; 1958). Malić je bio prvi autor koji je analizirao zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta na razini države (1983). Sličan metodološki pristup nastavio se i u kasnijim radovima (Glamuzina, 1986; Magaš i Faričić, 2002; Čuka i Magaš, 2003; Blaće 2014).

Posljednje desetljeće obilježili su radovi koji su se koristili GIS-om i metodama daljinskih istraživanja u analizi strukture zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta. Cvitanović i Valozić (2011) analizirali su procese reforestacije i deforestacije na Medvednici, Horvat (2013) je proučavao promjene u Međimurskoj županiji 1978. – 2007., dok je Cvitanović (2014a) promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Krapinsko-zagorskoj županiji povezao s fizičkogeografskim i sociogeografskim čimbenicima promjena. Valozić (2014; 2015) je radio analizu na području Grada Zagreba, gdje je struktura zemljišta dovedena u vezu s tipovima naselja. Jogun (2016) je proučavao promjene zemljišnoga pokrova u Požeško-slavonskoj županiji 1985. – 2013., a u tom je radu i izrađen simulacijski model s predikcijom pokrova u 2027. godini. Jogun i dr. (2017) analizirali su promjene zemljišnoga pokrova na području sjeverne Hrvatske 1981. – 2011. Rezultati navedenoga rada upućuju na porast prirodne vegetacije i porast izgrađenih površina u promatranom razdoblju.

nenberg and Kuemmerle, 2010; Mihai et al., 2015; Cvitanović et al., 2017).

Articles that explore land use as well as land cover have been published in Croatian scientific and professional literature since the middle of the 20<sup>th</sup> century (Crkvenčić, 1951; Rogić, 1957; cf. Cvitanović, 2014b; Jogun et al., 2017). Historically, changes in land use and land cover have been observed using a descriptive approach. Using cadastre, state archives, or agricultural statistics data, the values of certain land areas in certain years were documented, and a comparison was made to determine the changes that had occurred in that area. I. Crkvenčić and V. Rogić should be highlighted as the most prominent scholars who dealt with this issue in Croatia in the mid-20<sup>th</sup> century. In general, they note agricultural intensification and deforestation as a consequence of agrarian reforms and population growth (Crkvenčić, 1951; 1957; 1958; Rogić, 1957; 1958). Malić was the first author to analyse land use and land cover at the (Croatian) state level (1983). A similar methodological approach was continued in later works (Glamuzina, 1986; Magaš and Faričić, 2002; Čuka and Magaš, 2003; Blaće 2014).

The last decade has seen an increasing number of papers using GIS and remote sensing techniques in the analysis of land use and land cover. Cvitanović and Valozić (2011) analysed the processes of reforestation and deforestation on Medvednica, Horvat (2013) studied changes in Međimurje County from 1978 to 2007, and Cvitanović (2014a) linked changes in land use and land cover in Krapina-Zagorje County with physical-geographical and socio-geographical factors of change. Valozić (2014; 2015) conducted an analysis of the Zagreb area, which revealed links between types of settlements and the land structure. An analysis of land cover changes in Požega-Slavonia County from 1985 to 2013 was conducted by Jogun (2016). A simulation model was created to predict land cover in 2027. Jogun et al. (2017) examined the changes in land cover in northern Croatia from 1981 to 2011, and the results showed an increase in natural vegetation and an expansion of built-up areas.

Donjoneeretvanski kraj do sada nije bio objekt proučavanja promjena zemljišnoga pokriva i načina korištenja zemljišta. Riječ je o području koje je pod utjecajem procesa intenzifikacije poljoprivredne proizvodnje, ali i urbanizacije i prerazmjesta stanovništva od druge polovice 20. stoljeća doživjelo značajne promjene. Rezultati ovakvih istraživanja mogu biti od važnosti prilikom kreiranja strateške i razvojne dokumentacije (prostorni planovi, strategije zaštite okoliša) (Jogun i dr., 2017). Stoga su tema ovoga rada promjene zemljišnoga pokriva i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju 1990. – 2020. Glavni su ciljevi istraživanja utvrditi strukturu zemljišnoga pokriva i načina korištenja zemljišta za 1990., 2005. i 2020. godinu s pomoću satelitskih snimaka Landsat 5, Landsat 7 i Landsat 8 te detektirati promjene nastale u tom razdoblju.

## Područje istraživanja

Donjoneeretvanski kraj (sl. 1) integralni je dio Dubrovačko-neretvanske županije, najjužnije područne (regionalne) samoupravne jedinice u Republici Hrvatskoj. Prostorom dominira rijeka Neretva, usječena u krški okvir, koja sa svojim rukavcima formira deltu. Zahvaljujući obilježjima ušća rijeke, kreiran je prostor specifičnih fizionomskih i društvenih obilježja. Reljef je pretežno oblikovan egzogenim silama, a geološki slojevi pružaju se dinarskim pravcem SZ-JI, okomito na tok Neretve. Prema Köppenovoj klimatskoj klasifikaciji veći dio područja pripada Csa klimi, dok manji, jugoistočni dio karakterizira Cfa klima (Šegota i Filipčić, 2003). Područje je poznato po bioraznolikosti, osobito ptica, riba i vodozemaca, ali od sredine 20. stoljeća, s početkom melioracije područja delte, osjeti se jak antropogeni utjecaj (Koren i dr., 2012). Jačanjem turizma u priobalnom dijelu došlo je do pojačane izgradnje turističkih objekata, a izgradnja autoceste dodatno je doprinijela izmjeni pejzaža ovoga područja.

Površina proučavanoga prostora iznosi 412,56 km<sup>2</sup>, a prema popisu stanovništva iz 2011. godine područje broji 35 799 stanovnika. Opća gustoća naseljenosti iznosi 86,8 stan./km<sup>2</sup>, što premašuje hrvatski prosjek od 75,7 stan./km<sup>2</sup> iz 2011. godine (Pokos, 2017; Zupanc, 2018). Grad Metković, kao

There have been no studies regarding changes in land use and land cover in the Lower Neretva Region to date. Starting in the second half of the 20<sup>th</sup> century, the Region has experienced considerable changes due to intensification of agriculture, urbanisation, and population relocation. This study is intended to aid in the preparation of strategic and development documents (spatial plans, environmental protection strategies) (Jogun et al., 2017). Therefore, land use and land cover changes in the Lower Neretva Region from 1990 to 2020 are the focus of this paper. The main objectives of this study are to determine the structure of land use and land cover for the years 1990, 2005, and 2020 using satellite images from Landsat 5, Landsat 7 and Landsat 8 and to identify changes that occurred during this period.

## Study area

The Lower Neretva Region (Fig. 1) is an integral part of Croatia's southernmost regional self-government unit: Dubrovnik-Neretva County. The area is dominated by the Neretva River, which flows through a largely karstic area and forms a delta with its tributaries. The characteristics of the river mouth contributed to the creation of a space with specific physiognomic and social characteristics. The relief was mostly shaped by exogenous forces, and geological layers stretch in a NW-SE (Dinaric) direction, perpendicular to the Neretva. According to Köppen's climate classification, most of the area has a Csa climate, and the southeastern part has a Cfa climate (Šegota and Filipčić, 2003). The Lower Neretva is known for its biodiversity, especially birds, fish, and amphibians, but since the middle of the 20<sup>th</sup> century, with the melioration of the Delta, a strong anthropogenic impact has been felt (Koren et al., 2012). With the growth of tourism in the coastal area, tourist facilities increased, and highway construction further altered the landscape of this area.

The study area covers 412.56 km<sup>2</sup> and, according to the 2011 census, the area has 35,799 residents. The overall population density in 2011 was 86.8 per km<sup>2</sup>, exceeding the Croatian national average of 75.7 per km<sup>2</sup> (Pokos, 2017; Zupanc, 2018). The largest urban centre of the region, Metković,



Sl. 1. Geografski smještaj i položaj Donjoneeretvanskoga kraja  
Fig. 1 Geographic location and position of the Lower Neretva Region

Izvori: prema GIS Data (2005); DGU (2016); USGS (2021a)  
Sources: according to GIS Data (2005); DGU (2016); USGS (2021a)

najveće urbano središte prostora, bilježi konstantan rast stanovništva, dok ostala naselja uglavnom bilježe blagi pad. Iako je situacija osjetno bolja nego u ostatku Hrvatske, najnoviji trendovi nisu najpovoljniji. Primjerice, koeficijent starosti na razini promatranog područja za 2011. godinu iznosi 23,0, dok je na razini Hrvatske 24,1, a indeks starosti iznosi 97,0, dok je za Hrvatsku 115,0 (LAG Neretva, 2019).

Za vremenski obuhvat istraživanja odabrano je razdoblje od 1990. do 2020. godine. Vremenski okvir približno se poklapa s vremenom od osamostaljenja Republike Hrvatske do danas. Pretpostavlja se da su demografske i gospodarske promjene utjecale na promjenu zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju.

is experiencing constant population growth, while other settlements are experiencing slight decrease. Although the situation is significantly better than the rest of Croatia, the latest trends are not particularly encouraging. For example, the age coefficient at the level of the observed area for 2011 was 23.0, while at the level of Croatia it was 24.1, and the ageing index was 97.0, while for Croatia it was 115.0 (LAG Neretva, 2019).

The study covered the period between 1990 and 2020. In general, the timeline coincides with the period starting with the independence of the Republic of Croatia until present day. It is assumed that demographic and economic changes have influenced the changes of land cover and land use in the Lower Neretva Region.

## Metodologija istraživanja

Analizirane su multispektralne snimke Landsat, koje su glavni izvor podataka u ovom istraživanju. Preuzete su s *EarthExplorer*a, servisa Agencije za geologiju Sjedinjenih Američkih Država (USGS). Zbog usklađenosti fenologije sve preuzete snimke nastale su u ljetnom dijelu godine (Cvitanović, 2014a; Jogun, 2016; Lu i dr., 2019). Prvi set snimaka prikupljen je 7. srpnja 1990. satelitom Landsat 5 (WRS putanja 188, red 30). Drugi set snimaka nastao je 22. lipnja 2005. (WRS putanja 188, red 30), a prikupljen je satelitom Landsat 7 ETM+, dok su najnovije snimke prikupljene 9. srpnja 2020. satelitom Landsat 8 OLI TIRS (WRS putanja 188, red 30). Sve su snimke preuzete u GeoTIFF formatu, a projicirane su u koordinatnom sustavu WGS84 UTM 33N. Prostorna rezolucija snimaka je 30 m za zajedničke kanale koje posjeduju sva 3 satelita. Landsat 7 ETM+ i Landsat 8 OLI TIRS posjeduju pankromatski kanal rezolucije 15 m te neke druge dodatke (Valožić i Cvitanović, 2011; Cvitanović, 2014b; NASA, 2021).

Za navedene snimke s 15-metarskim pankromatskim kanalom izvršeno je izoštravanje snimaka da bi se olakšao sam postupak njihove obrade. Važno je napomenuti da je na snimci Landsat 7 ETM+ odrađen postupak u predprocesiranju, tj. odrađena je korekcija zbog periodičnih pruga na slici.

Obrada snimaka odrađena je u ArcGIS 10.8 softveru, odnosno aplikaciji ArcMap. Pri određivanju strukture zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta korišten je hibridni pristup (Caprioli i dr., 2003; Lo i Choi, 2004; Kantakumar i Neelamsetti, 2015; Jogun, 2016; Jogun i dr., 2017). Donjonerevanski kraj fizionomski gledano izrazito je heterogeno područje. Zbog nedovoljne spektralne odvojenosti klase šuma, travnjaka, dijela poljoprivrednoga zemljišta i močvara kombinirala se nenadzirana i ručna (vizualna) metoda. Hibridna metoda kombinira prednosti automatske i ručne metode te na taj način daje bolje rezultate nego da se koristila samo jedna metoda (Horning, 2004). Klasifikacijska shema sastoji se od 6 klasa: *izgrađene površine*, *poljoprivredne površine*, *močvare*, *vodene površine*, *šume i travnjaci* te *područje s oskudnom vegetacijom*. Klasa šuma spojena je s travnjacima zbog činjenice da među njima u Donjonerevanskom kraju ne postoji

## Research methodology

Landsat multispectral images were analysed as the main data source. The data were gathered from *EarthExplorer*, a service of the United States Geological Survey (USGS). Regarding phenological consistency, all collected data were captured in summer months (Cvitanović, 2014a; Jogun, 2016; Lu et al., 2019). The first set of images was collected by the Landsat 5 satellite on July 7, 1990 (WRS orbit 188, line 30). The second set of images was collected from the Landsat 7 ETM+ satellite on June 22, 2005 (WRS path 188, row 30), while the most recent images were acquired from the Landsat 8 OLI TIRS satellite (WRS path 188, row 30) on July 9, 2020. All images were downloaded in GeoTIFF format and projected in the WGS84 UTM 33N coordinate system. The spatial resolution of the common channels for all 3 satellites is 30 m. Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI TIRS have a panchromatic channel with a resolution of 15 m and some other features (Valožić and Cvitanović, 2011; Cvitanović, 2014b; NASA, 2021).

A sharpening procedure was performed on the images with a 15 m panchromatic channel in order to facilitate processing of the images. The Landsat 7 ETM+ images went through pre-processing, i.e. a correction was made to the images due to periodic stripes.

Images were processed with ArcGIS 10.8 software, i.e. the ArcMap application. In order to determine the land use and land cover structure, a hybrid approach was used (Caprioli et al., 2003; Lo and Choi, 2004; Kantakumar and Neelamsetti, 2015; Jogun, 2016; Jogun et al., 2017). The Lower Neretva Region is physiognomically a very heterogeneous area. As a result of insufficient spectral separation of the classes of forests, grasslands, agricultural land, and swamps, unsupervised and manual (visual) methods were combined. Hybrid methods combine the advantages of automated and manual methods to produce better results than either method alone (Horning, 2004). The classification scheme consists of 6 classes: *built-up areas*; *agricultural lands*; *swamps*; *water bodies*; *forests and grasslands*; and *sparse vegetation areas*. In the Lower Neretva Region, forests and grasslands are merged, as there is no clear distinction between them. The

jasna distinkcija. Travnjaci nemaju klasičnu ulogu pašnjaka, a u ovom kraju pretežno se radi o suhim brdskim travama, izmiješanim s grmolikom vegetacijom ili šumom. Klase *vodenih površina, šuma i travnjaka* te *područja s oskudnom vegetacijom* izdvojena su nenadziranom metodom klasifikacije, dok su *izgrađene površine, poljoprivredne površine* i *močvare* izdvojene ručno. Iako je klasa *vodenih površina* izdvojena nenadziranom metodom, nadopunjena je ručno zbog očitih pogrešaka koje su se dogodile prilikom automatske klasifikacije. Također, bitno je naglasiti da u izračun udjela *vodenih površina* prilikom klasifikacije nije uključeno more, već samo voda s kopna. Morski dio je prikazan na kartama isključivo zbog bolje vizualizacije. Iako je u pravilu nenadzirana klasifikacija nepouzdanija od nadzirane, odabrana je metoda nenadzirane klasifikacije. *Šume i travnjaci* značajno se spektralno razlikuju od *površina s oskudnom vegetacijom*, a osim samoga spektra razlog je bio i u prostornoj rezoluciji snimaka Landsat. Vektorski slojevi korišteni radi definiranja granica područja istraživanja preuzeti su iz Digitalnog atlasa Republike Hrvatske (DARH).

Evaluacija točnosti klasifikacije zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta provedena je uz pomoć matrice konfuzije i kapa koeficijenta, najčešće korištenih metoda za izračun točnosti klasifikacije satelitskih snimaka (Story i Congalton, 1986; Horvat, 2013; Jogun, 2016; Jogun et al., 2017; Kulkarni i dr., 2020). Uzorci za testiranje točnosti klasifikacija generirani su unutar aplikacije ArcMap, uz pomoć alata *Create Random Points*. Klasa *vodenih površina* u promatranom je razdoblju zauzimala između 2,8 % (1990.) i 3,7 % (2020.) površine cijeloga područja te je njoj, s obzirom na mali udio u ukupnoj površini, dodijeljeno 25 slučajnih točaka. Ostalim klasama proporcionalno udjelu dodavalo se više točaka. Tako je ukupni broj testnih točaka za 1990. godinu iznosio 893, za 2005. godinu 804, dok je za 2020. godinu iznosio 676. Svaka od klasa činila je poseban poligon unutar kojega su se stvarale slučajne točke. Metoda je odabrana pretežito zbog heterogenosti prostora. Valja napomenuti i da su stratificirani uzorci superiorniji od korištenih ako skup poligona razdvaja heterogenu scenu na unutarnje homogene, no to na primjeru Donjoneeretvanskoga kraja nije slučaj.

grasslands in this area are mostly dry hilly grasses mixed with scrubby vegetation or trees, and they do not serve the classic role of pastures. A method of unsupervised classification was used for *water bodies, forests and grasslands*, and *sparse vegetation areas* while manual classification was used for *built-up areas, agricultural lands, and swamps*. *Water bodies* were separated by the unsupervised method, however, they had to be reclassified manually due to obvious errors in automated classification. Further, it is important to emphasise that the calculations for the share of *water bodies* in the classification do not include the sea, rather only bodies of water on land. The sea is only displayed on the maps to provide a better visual representation. Even though it is known that unsupervised classification is less reliable than supervised, the unsupervised method was chosen. Forests and grasslands are distinguished in their spectrum from *sparse vegetation areas*, and on top of that, the spatial resolution of Landsat also plays a role in this decision. To define the study area, vector layers were taken from the Digital Atlas of the Republic of Croatia (DARH).

An evaluation of the accuracy of land use and land cover classification was conducted using a confusion matrix and kappa coefficient, the most commonly used methods for measuring the accuracy of satellite images (Story and Congalton, 1986; Horvat, 2013; Jogun, 2016; Jogun et al., 2017; Kulkarni et al., 2020). Test samples for classification accuracy were created within the ArcMap application using the “Create Random Points” tool. In the period considered, the area covered by *water bodies* was between 2.8% (1990) and 3.7% (2020) of the total area. Because of its small area, the class of *water bodies* was assigned 25 random points. Other classes received more points in proportion to their shares. For 1990, the total number of test points was 893, 804 for 2005, and 676 for 2020. Each class formed a separate polygon within which random points were assigned. The study area’s heterogeneity was the primary factor that led to the choosing of this method. It should be noted that, were a set of polygons to divide a heterogeneous scene into internal homogeneous ones, stratified samples would be superior to those used here, but this is not the case in the Lower Neretva Region.

Matrica konfuzije ili matrica pogrešaka nastaje usporedbom referentnih (*ground truth*) i klasificiranih podataka (Valozić, 2014; Dangachew i dr., 2020). Thomlinson i sur. (1999) postavljaju ciljanu točnost klasifikacije na 85 %, s uvjetom da ni jedna klasa ne bude ispod 70 %. Riječ je naravno o željenoj točnosti, rezultati su u praksi, osobito kod starijih radova dosta niži, pa su tako karte nastale u okviru Međunarodnoga programa za geosferu i biosferu (IGBP) ostvarile prosječnu točnost od 66,9 % (Foody, 2002; Cvitanović, 2014a). U literaturi se često uz matricu konfuzije kao dodatni pokazatelj računa i kappa koeficijent. Navedeni pokazatelj računa se iz tablice matrice konfuzije formulom:

$$K = (\text{opaženo} - \text{očekivano}) / (1 - \text{očekivano}).$$

„Očekivano” u ovoj formuli označuje procijenjeni doprinos slučajnosti u opaženom udjelu točnosti. Predloženo je da se rezultati tumače na idući način: vrijednosti  $\leq 0$  upućuju da točnost ne postoji, 0,01 – 0,2 da je točnost neznatna, 0,21 – 0,4 osjetna, 0,41 – 0,6 umjereno točna klasifikacija, 0,61 – 0,8 visoka točnost te 0,81 – 1,00 vrlo visoka točnost klasifikacije (McHugh, 2012; Cvitanović, 2014a; Valozić, 2015).

Što je vremenski okvir analize duži, to je manja vjerojatnost da će referentni podatci biti u potpunosti vremenski kompatibilni s klasificiranima. Kao *ground truth* podatci za 1990. godinu korištena je hrvatska osnovna karta (HOK) u mjerilu 1 : 5000 iz 1979. – 1989. godine.

Kao referentni podatci za klasifikaciju zemljišna pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjone-retvanskom kraju za 2005. i 2020. godinu korištene su satelitske snimke dostupne putem računalnoga programa Google Earth Pro. Za 2005. godinu odabrane su tzv. povijesne snimke iz 2001./2002. godine te 2008. godine, a njihovom međusobnom usporedbom i uvidom u snimku Landsat donosila se odluka o točnosti klasifikacije. Klase su se često jednostavno prepoznale i sa same snimke Landsat, a primjer odabira između snimke iz 2001. i 2008. dogodio se prilikom evaluacije zemljišta u Poduzetničkoj zoni Opuzen. Snimka iz 2001. godine prikazivala je močvarno zemljište, dok se na snimci Landsat jasno vidjelo da se radi o izgrađenoj površini. Uvidom u snimku iz 2008. zaključilo se da su

A confusion matrix or error matrix is generated based on the comparison of ground truth and classified data (Valozić, 2014; Dangachew et al., 2020). Thomlinson et al. (1999) estimated the target classification accuracy to be 85%, assuming no class is below 70%. This is of course the target accuracy and results are much lower in practice, especially in older work—maps produced in the context of the International Program for Geosphere and Biosphere (IGBP) achieved an average accuracy of 66.9% (Foody, 2002; Cvitanović, 2014a). It is common for researchers to use the kappa coefficient as an additional indicator when calculating a confusion matrix. Based on a confusion matrix table, this indicator can be calculated as follows:

$$K = (\text{observed} - \text{expected}) / (1 - \text{expected}).$$

„Expected” in this formula means the estimated contribution of randomness to the observed proportion of accuracy. It is suggested that the results be interpreted as follows: values  $\leq 0$ , no accuracy; 0.01–0.2, poor accuracy; 0.21–0.4, fair accuracy; 0.41–0.6, moderate accuracy; 0.61–0.8, high accuracy; and 0.81–1.00, very high accuracy (McHugh, 2012; Cvitanović, 2014a; Valozić, 2015).

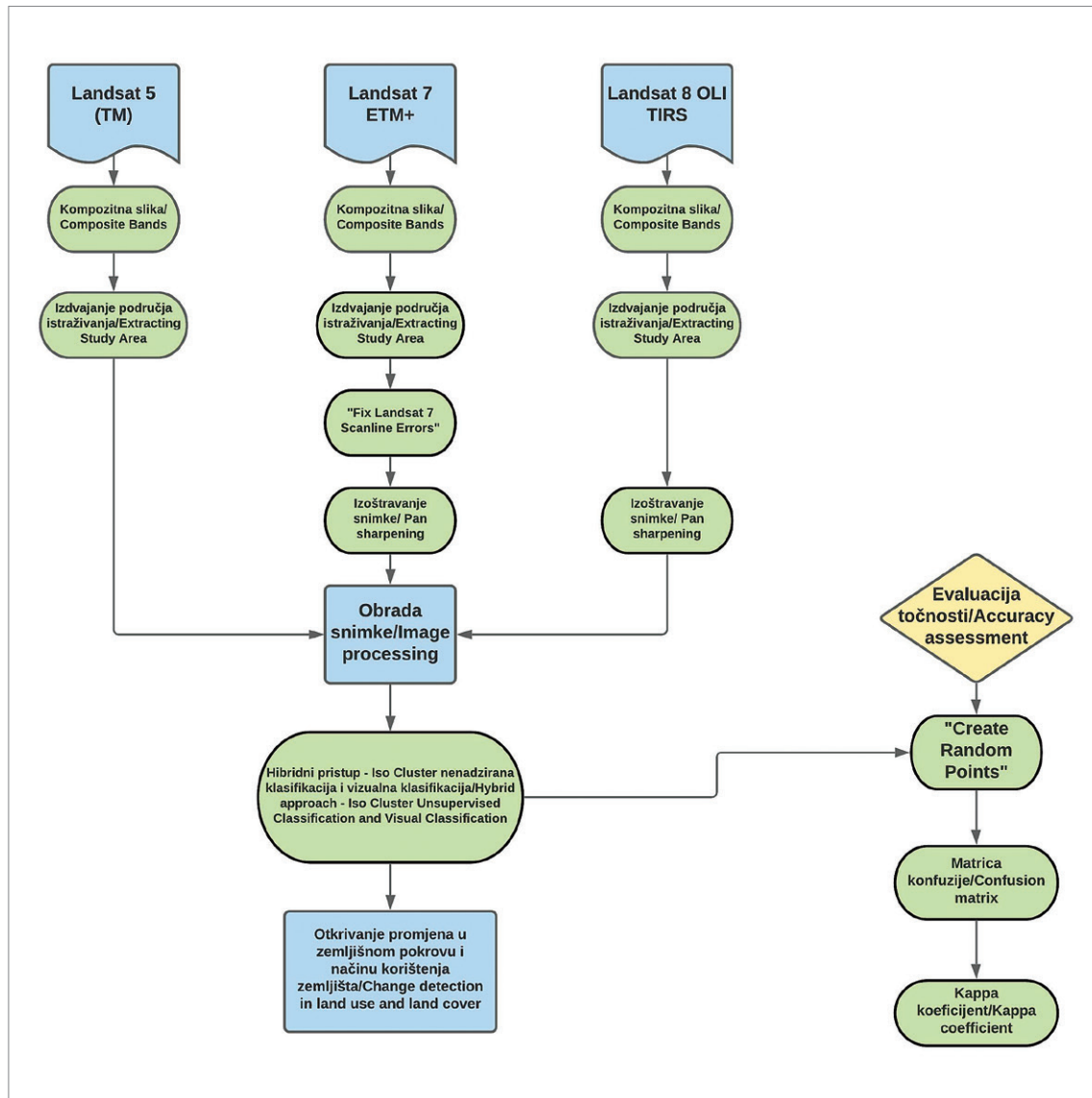
The longer the time frame of the analysis, the less likely it is that the reference data will be fully compatible with the classified data. For 1990, ground truth data were based on the 1: 5000 scale Croatian Base Map (HOK) from 1979 to 1989.

Satellite images available from the computer program Google Earth Pro were used as reference data for the classification of land use and land cover in the Lower Neretva Region for 2005 and 2020. Using historical imagery from 2001/2002 and 2008, along with the Landsat images, an accurate classification for 2005 was determined. The classes were often identified from the Landsat images. An example of the choice between 2001 and 2008 historical imagery occurred during a land assessment of the Opuzen Business Zone. Earlier satellite imagery showed swampy areas, while later Landsat imagery clearly showed that it was a built-up area. A review of the 2008 imagery showed that the first facilities had been built in the area and the area was marked as built-up. As



prvi objekti u zoni već bili izgrađeni te se to područje označilo kao izgrađena površina. Kao što je prethodno navedeno, preuzeti set snimaka Landsat 7 ETM+ imao je na sebi niz crnih linija koje su nastale zbog kvara tzv. *Scan Line Correctora* (SLC) na satelitu (The Landsat program, <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>). Problem je otklonjen s pomoću Landsat toolboxa i alata *Fix Landsat 7 Scanline Errors*. Metodološka shema prikazana je na idućoj slici (sl. 2).

previously stated, Landsat 7 ETM + recordings contain several black stripes, due to the failure of the *Scan Line Corrector* (SLC) on the satellite (Landsat program, <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>). Landsat Toolbox and the “Fix Landsat 7 Scanline Errors” tool were used to resolve the issue. The methodological scheme is shown in Figure 2 (Fig. 2).



Sl. 2. Metodološka shema

Fig. 2 Methodological scheme

Izvor: Prema rezultatima istraživanja

Source: According to the research results

## Rezultati istraživanja

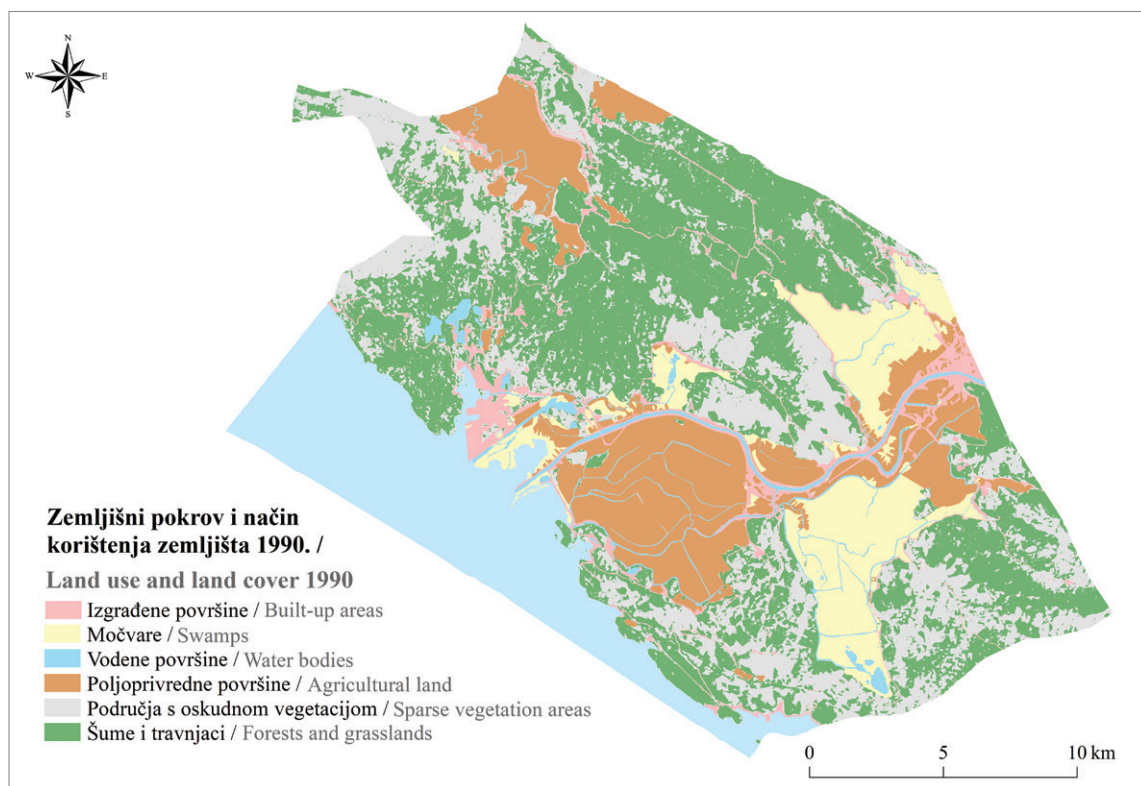
Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta  
1990. – 2020.

Struktura zemljišnoga pokriva i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju 1990. godine (sl. 3) upućuje na to da su klase *šuma i travnjaka* te *područja s oskudnom vegetacijom* najdominantnije. *Šume i travnjaci* zauzimali su 39,6 % ukupne površine, tj. 16.337 ha, dok su *područja s oskudnom vegetacijom* obuhvatila 24 % površine, odnosno 9.901 ha. Ove dvije klase dominiraju u brežuljkasto-brdskim područjima izvan aluvijalne ravni, gdje se pretežito nalaze *poljoprivredne površine* i *močvare*. Poljoprivredne površine prostirale su se na 6.972 ha ili 16,9 % površine, dok su mo-

## Results

Land use and land cover  
1990–2020

The structure of land use and land cover in the Lower Neretva Region in 1990 (Fig. 3) shows that the most dominant classes were *forests and grasslands* and *sparse vegetation areas*. It is estimated that *forests and grasslands* covered 39.6% of the total area, corresponding to 16,337 ha, while *sparse vegetation areas* covered 24% of the area, corresponding to 9,901 ha. These two classes dominate in the hilly areas outside of the alluvial plain where *agricultural land* and *swamps* predominate. Agricultural land covered 6,972 ha or 16.9% of the area, while swamps occupied



Sl. 3. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju 1990. godine

Fig. 3 Land use and land cover in the Lower Neretva Region in 1990

Izvor: Prema rezultatima istraživanja; GIS Data (2005)

Source: According to the research results; GIS Data (2005)

čvare zauzimala 4.497 ha (10,9 %). Klasa izgrađenoga obuhvatila je 5,8 % udjela površine promatranoga područja, tj. 2.393 ha, dok su najmanji dio činile vode s 2,8 %, odnosno 1.155 ha.

Ukupna točnost klasifikacije zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta za 1990. godinu u Donjoneeretvanskom kraju iznosi 89,7 %, dok je vrijednost kappa koeficijenta 0,86. Sve klase klasificirane su s 80 % i više. *Vodne površine* imale su najniži postotak točnosti (80 %), a navedeno se objašnjava činjenicom velikoga broja uskih kanala i rukavaca rijeke Neretve koje je nemoguće najpreciznije klasificirati na snimci prostorne rezolucije 30 m (tab. 1).

Prema klasificiranoj satelitskoj snimci iz 2005. godine (sl. 4) kategorija *šuma i travnjaka* proširila se na 17.574 ha (42,6 %), dok su se istovremeno

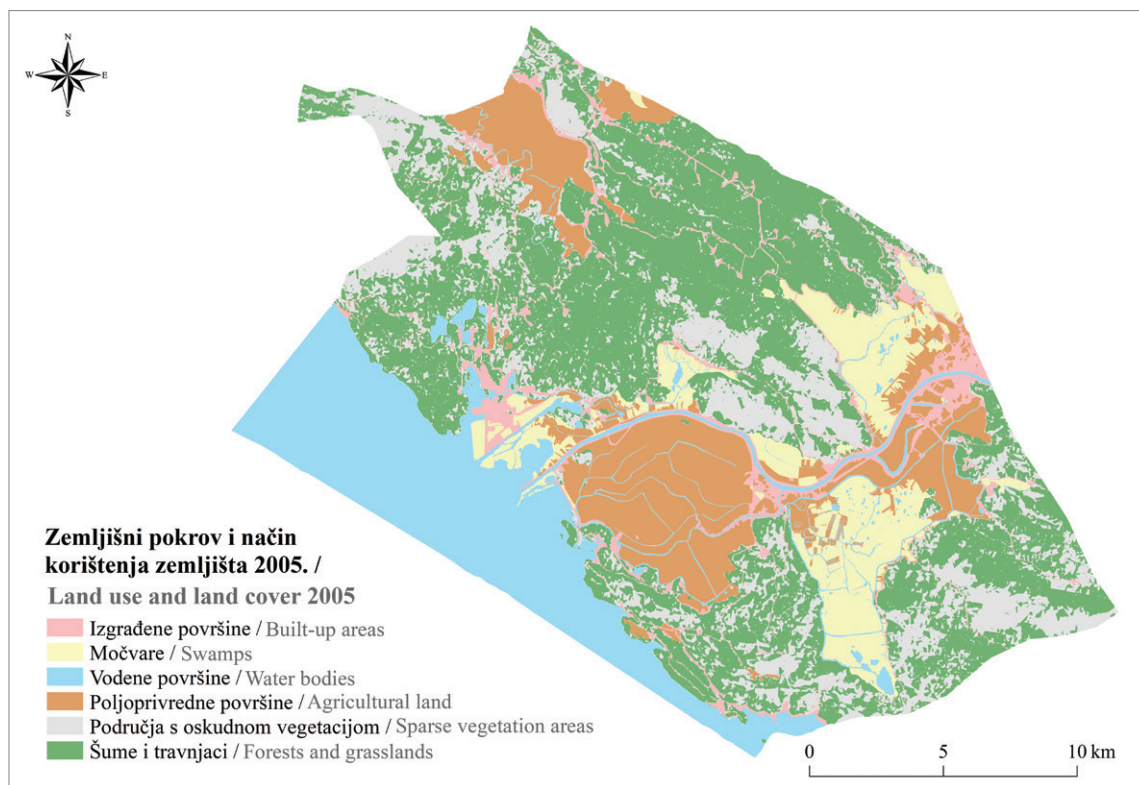
4,497 ha (10.9%). According to the data, 5.8% of the observed area was built-up (2,393 ha), while 2.8% (1,155 ha) was water.

The overall accuracy of the land use and land cover classification for 1990 in the Lower Neretva Region was 89.7%, and the kappa coefficient was 0.86. The accuracy for all classes was 80% and above. *Water bodies* presented the lowest percentage of accuracy (80%), which is explained by the fact that the Neretva River contains many narrow channels and tributaries, which cannot be classified accurately at a spatial resolution of 30 m (Tab. 1).

According to the classified satellite image from 2005 (Fig. 4), the area covered by *forests and grasslands* increased to 17,574 ha (42.6%), while at the same time, *sparse vegetation areas* decreased

Tab. 1. Matrica konfuzije klasifikacije zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju za 1990. godinu  
Tab. 1 Confusion matrix of the land use and land cover in Lower Neretva Region for 1990

		Referentni podaci / Reference data								
		Izgrađene površine / Built-up areas	Močvare / Swamps	Vodne površine / Water bodies	Poljoprivredne površine / Agricultural land	Područja s oskudnom vegetacijom / Sparse vegetation areas	Šume i travnjaci / Forests and grasslands	Ukupno / Overall		
Klasificirani podaci / Classified data	Izgrađene površine / Built-up areas	44	2	1	3	0	2	52	84,62 %	Korisnička točnost (%) / User's accuracy (%)
	Močvare / Swamps	0	88	3	5	0	1	97	90,72 %	
	Vodne površine / Water bodies	0	3	20	2	0	0	25	80,00 %	
	Poljoprivredne površine / Agricultural land	5	4	5	134	0	3	151	88,74 %	
	Područja s oskudnom vegetacijom / Sparse vegetation areas	2	0	0	1	188	23	214	87,85 %	
	Šume i travnjaci / Forests and grasslands	1	5	1	5	15	327	354	92,37 %	
	Ukupno / Overall	52	102	30	150	203	356	893		
Ukupna točnost 89,7 % / Overall accuracy 89.7% Kappa koef. 0,86 / Kappa coeff. 0.86		84,60 %	86,27 %	66,67 %	89,33 %	92,61 %	91,85 %			
		Proizvodna točnost (%) / Producer's accuracy (%)								



Sl. 4. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju 2005. godine

Fig. 4 Land use and land cover in the Lower Neretva Region in 2005

Izvor: Prema rezultatima istraživanja; GIS Data (2005)

Source: According to the research results; GIS Data (2005)

područja s oskudnom vegetacijom smanjila na 8.191 ha (19,9 %). Udio poljoprivrednoga zemljišta djelomično je porastao te je 2005. godine iznosio 17,2 % ili 7.093 ha. Smanjen je udio močvarnih površina i iznosio je 4.374 ha (10,6 %). Poljoprivredne su se površine uglavnom i širile na štetu močvara iako je došlo i do obrnuta procesa, tj. dio poljoprivrednih površina obrastao je u močvarnu vegetaciju. Udio *izgrađenih površina* porastao je na 2.740 ha (6,6 %), uglavnom na rubnim dijelovima gradskih naselja, manje u obalnom području općine Slivno. Zabilježen je i blagi rast udjela *vodenih površina*, s 2,8 na 3,1 % (1.283 ha).

Ukupna točnost klasifikacije iznosila je 86,3 %, a kappa koeficijent bio je 0,82 (tab. 2). Kategorija *izgrađenih površina* imala je najnižu razinu točnosti (77,36 %). Razlog leži u činjenici da se klasa ručno izdvajala, pri čemu je otežavajući čimbenik činjenica da je riječ o području u kojem prevlada-

to 8,191 ha (19.9%). In 2005, the percentage of agricultural land increased to 17.2% (7,093 ha). The share of swamps was reduced to 4,374 ha (10.6%). Agricultural land expanded mostly at the expense of swamps, although a reverse process also occurred, in which some agricultural land turned into swamps. It is noted that *built-up areas* increased to 2,740 ha (6.6%), mainly on the edges of urban settlements, and slightly less in coastal areas of the Slivno Municipality. There was also a slight increase in the share of *water bodies*, up from 2.8 to 3.1% (1,283 ha).

The total accuracy of the classification was 86.3%, and the kappa coefficient was 0.82 (Tab. 2). Due to the fact that built-up areas were manually classified, this category was the least accurate (77.36%). An aggravating factor is that it is mainly a residential area with many family houses surrounded by gardens or orchards that were

Tab. 2. Matrica konfuzije klasifikacije zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju za 2005. godinu  
Tab. 2 Confusion matrix of the land use and land cover in Lower Neretva region for 2005

		Referentni podaci / Reference data								
		Izgrađene površine / Built-up areas	Močvare / Swamps	Vodne površine / Water bodies	Poljoprivredne površine / Agricultural land	Područja s oskudnom vegetacijom / Sparse vegetation areas	Šume i travnjaci / Forests and grasslands	Ukupno / Overall		
Klasificirani podaci / Classified data	Izgrađene površine / Built-up areas	41	4	1	7	0	0	53	77,36 %	Korisnička točnost (%) / User accuracy (%)
	Močvare / Swamps	0	80	1	4	0	0	85	94,12 %	
	Vodne površine / Water bodies	0	1	22	2	0	0	25	88,00 %	
	Poljoprivredne površine / Agricultural land	0	9	7	118	1	3	138	85,51 %	
	Područja s oskudnom vegetacijom / Sparse vegetation areas	2	1	0	1	133	23	160	83,12 %	
	Šume i travnjaci / Forests and grasslands	4	2	2	3	32	300	34	87,46 %	
	Ukupno / Overall	47	97	33	135	166	326	804		
Ukupna točnost 86,3 % / Overall accuracy 86.3% Kappa koef. 0,82 / Kappa coeff. 0.82		87,23 %	82,47 %	66,67 %	87,41 %	80,12 %	92,02 %		Proizvodna točnost (%) / Producer's accuracy (%)	

**Promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju od 1990. do 2020. godine**

Land use and land cover changes in the Lower Neretva Region from 1990 to 2020

vaju obiteljske kuće, uz koje se često nalaze vrtovi ili voćnjaci koji se klasificiraju kao poljoprivredno zemljište ili travnjak. Zbog maloga udjela u ukupnoj površini ne utječe u većoj mjeri na cjelokupnu točnost klasifikacije.

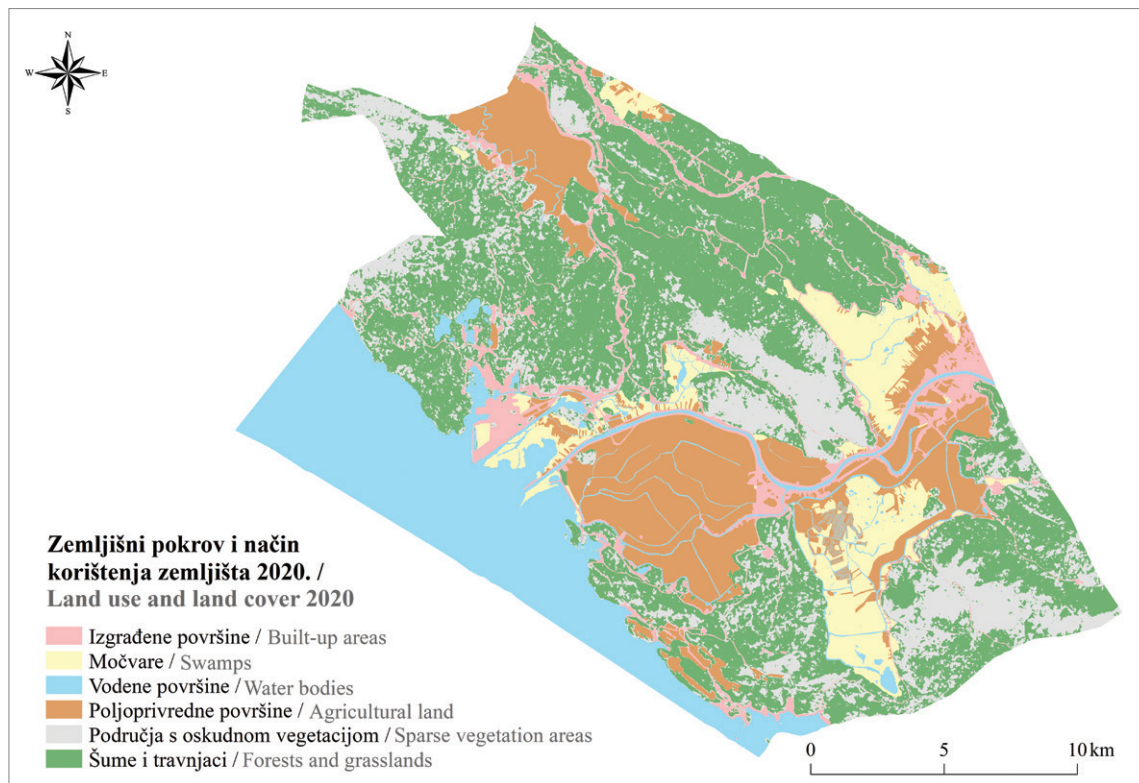
Klasificirana satelitska snimka iz 2020. godine (sl. 5) pokazala je da je udio *šume i travnjaka* smanjen za 1 postotni bod u odnosu na 2005., odnosno iznosi 41,6 % (17.162 ha). Udio *područja s oskudnom vegetacijom* ostao je na 19,9 % (8.210 ha). Proces poljoprivredne intenzifikacije nastavljen je do 2020. te je udio *poljoprivrednih površina* iznosio 17,6 % (7.261 ha). Udio *močvara* nastavio je opadati do 2020. te je iznosio 9,5 % (3.919 ha). *Izgrađene površine* proširene su na 3.177 ha (7,7 %).

Ukupna točnost klasifikacije za 2020. godinu iznosila je 88,2 %, a kappa koeficijent bio je 0,84. Kao i na primjeru 2005. klasa *izgrađenih površina*

incorrectly classified as agricultural land or grassland. This small area, however, does not influence the overall classification accuracy to a great extent, as it is only a small part of the overall area.

The classified satellite image from 2020 (Fig. 5) shows a decline in the proportion of *forests and grasslands* by 1 percentage point, i.e. to 41.6% (17,162 ha), compared to 2005. The percentage of *land with sparse vegetation* remained at 19.9% (8,210 ha). Agricultural intensification continued to 2020, with the proportion of *agricultural land* reaching 17.6% (7,261 ha). *Swamps* continued to decrease to 2020, and their share was 9.5% (3,919 ha). *Built-up areas* grew to 3,177 ha (7.7%).

The total accuracy of the classification for 2020 was 88.2% and the kappa coefficient was 0.84. As in the example from 2005, the built-



Sl. 5. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta u Donjoneretvanskom kraju 2020. godine

Fig. 5 Land use and land cover in the Lower Neretva Region in 2020

Izvor: Prema rezultatima istraživanja; GIS Data (2005)

Source: According to the research results; GIS Data (2005)

imala je najmanju zabilježenu točnost, odnosno iznosila je 73,08 %. Ostale klase imale su više od 80 % točnosti (tab. 3).

Sve tri klasifikacije zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta odrađene su s točnosti većom od 85 %, a kappa koeficijent je u svim slučajevima bio preko 0,81, tj. točnost klasifikacije vrlo je visoka. Uzevši u obzir heterogenost prostora i karakteristike satelitskih snimaka, klasifikacije su dale zadovoljavajuće rezultate.

up areas class recorded the lowest accuracy (73.08%). The accuracy for the other classes was over 80% (Tab. 3).

In all three classifications of land use and land cover, the accuracy was greater than 85%, and the kappa coefficient was more than 0.81, indicating a very high level of accuracy. Considering the heterogeneity of the area and the characteristics of satellite images, the classifications produced satisfactory results.

Tab. 3. Matrica konfuzije klasifikacije zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju za 2020. godinu  
Tab. 3 Confusion matrix of the land use and land cover in Lower Neretva Region for 2020

		Referentni podaci / Reference data								
		Izgrađene površine / Built-up areas	Močvare / Swamps	Vodene površine / Water bodies	Poljoprivredne površine / Agricultural land	Područja s oskudnom vegetacijom / Sparse vegetation areas	Šume i travnjaci / Forests and grasslands	Ukupno / Overall		
Klasificirani podaci / Classified data	Izgrađene površine / Built-up areas	38	0	0	4	1	9	52	73,08 %	Korisnička točnost (%) / User's accuracy (%)
	Močvare / Swamps	0	59	0	2	0	3	64	92,19 %	
	Vodene površine / Water bodies	0	0	21	4	0	0	25	84,00 %	
	Poljoprivredne površine / Agricultural land	0	5	3	109	0	2	119	91,60 %	
	Područja s oskudnom vegetacijom / Sparse vegetation areas	0	3	0	2	109	21	135	80,74 %	
	Šume i travnjaci / Forests and grasslands	0	1	1	1	18	260	281	92,52 %	
	Ukupno / Overall	38	68	25	122	128	295	676		
Ukupna točnost 88,2 % / Overall accuracy 88.2% Kappa koef. 0,84 / Kappa coeff. 0.84		100,00 %	86,76 %	84,00 %	89,34 %	85,16 %	88,14 %		Proizvodna točnost (%) / Producer's accuracy (%)	

**Promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju od 1990. do 2020. godine**

Land use and land cover changes in the Lower Neretva Region from 1990 to 2020

**Detekcija promjena zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta 1990. – 2020.**

Od izrađenih kartografskih prikaza zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta 1990. – 2020., izvedene su karte promjena za razdoblja 1990. – 2005. i 2005. – 2020. Kartografski prikazi nastali su na način da se svaka klasa iz 1990./2005. godine pojedinačno uspoređivala sa svakom klasom iz 2005./2020. Na taj način za svaku kartu promjene nastalo je po 30 klasa, odnosno vrsta promjena.

U prvom promatranom razdoblju 1990. – 2005. (sl. 6) promjena se dogodila na 69,3 km<sup>2</sup> (6.930 ha), što čini 16,8 % udjela površine Donjoneeretvanskog kraja. Od ukupno 30 kartiranih promjena njih 7 utjecalo je na 82,8 % promjene. Najznačajnije zabilježene promjene su pretvaranje *područja s oskudnom vegetacijom* u *šume i travnjake* te obrnuto iz *šuma i travnjaka* u *područje s oskudnom vegetacijom*. Kao

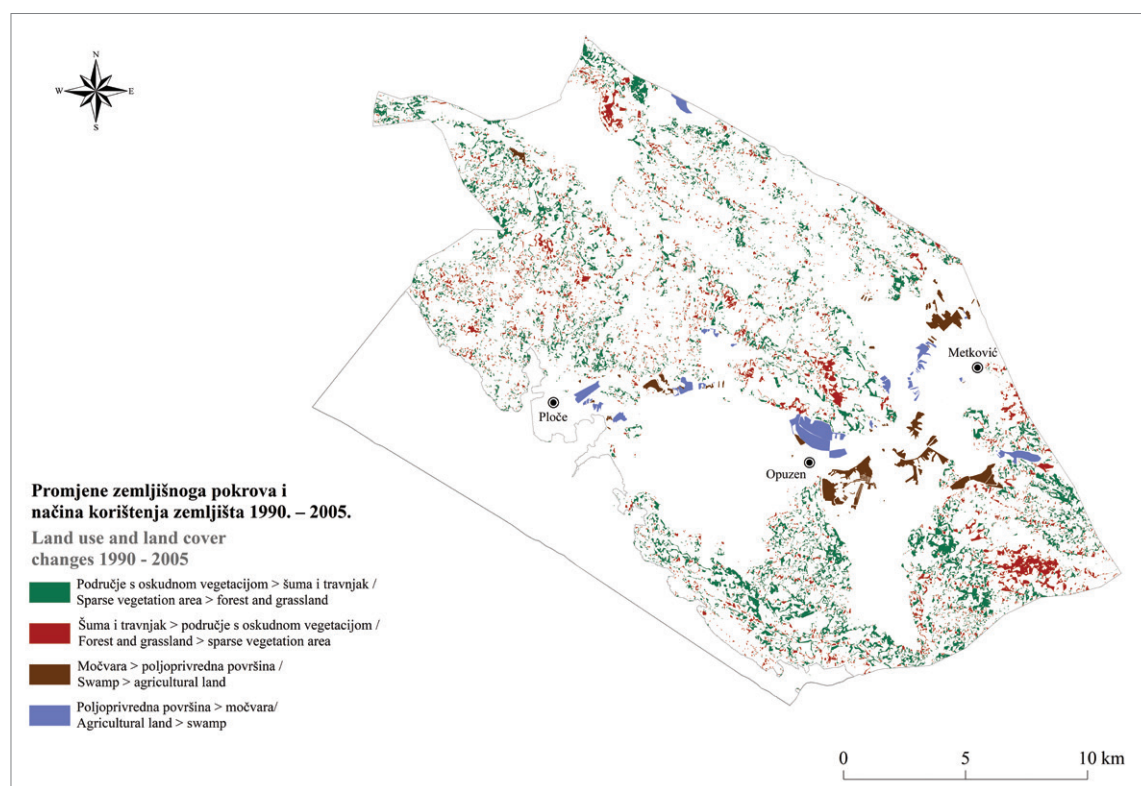
**Detection of land use and land cover changes 1990–2020**

Land use and land cover maps for 1990–2020 were used to create maps of changes for 1990–2005 and 2000–2020. The maps were made in such a way that each 1990/2005 class was compared separately with each 2005/2020 class. The result has been the creation of 30 classes, i.e. types of changes, for each map of changes.

During the first monitoring period 1990–2005 (Fig. 6), the change occurred on 69.3 km<sup>2</sup> (6,930 ha), which corresponds to 16.8% of the Lower Neretva Region. There were 30 mapped changes in total, and seven of those were responsible for 82.8% of the change. Changes observed are mostly related to converting *sparse vegetation areas* into *forests and grasslands* and vice versa. A third change

Tab. 4. Procesi promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta Donjoneeretvanskog kraja od 1990. do 2005.  
Tab. 4 Land use and land cover changes in Lower Neretva Region from 1990 to 2005

Promjena / Change	Površina (km <sup>2</sup> ) / Area (km <sup>2</sup> )	Površina (ha) / Area (ha)	Udio promjene (%) / Share of change (%)
Područje s oskudnom vegetacijom – šuma i travnjak / Sparse vegetation area – forest and grassland	29,3	2.930	42,3
Šuma i travnjak – područje s oskudnom vegetacijom / Forest and grassland – sparse vegetation area	13,6	1.360	19,6
Močvara – poljoprivredna površina / Swamp – agricultural land	5,0	500	7,2
Poljoprivredna površina – močvara / Agricultural land – swamp	4,1	410	5,9
Poljoprivredna površina – izgrađena površina / Agricultural land – built-up area	2,3	230	3,3
Močvara – vodena površina / Swamp – water body	1,8	180	2,6
Šuma i travnjak – poljoprivredna površina / Forest and grassland – agricultural land	1,3	130	1,9
Ostale promjene / Other changes	11,9	1.190	17,2



Sl. 6. Glavne promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju 1990. – 2005. godine

Fig. 6 The main land use and land cover changes in the Lower Neretva Region 1990 – 2005

Izvor: Prema rezultatima istraživanja; GIS Data (2005)

Source: According to the research results; GIS Data (2005)

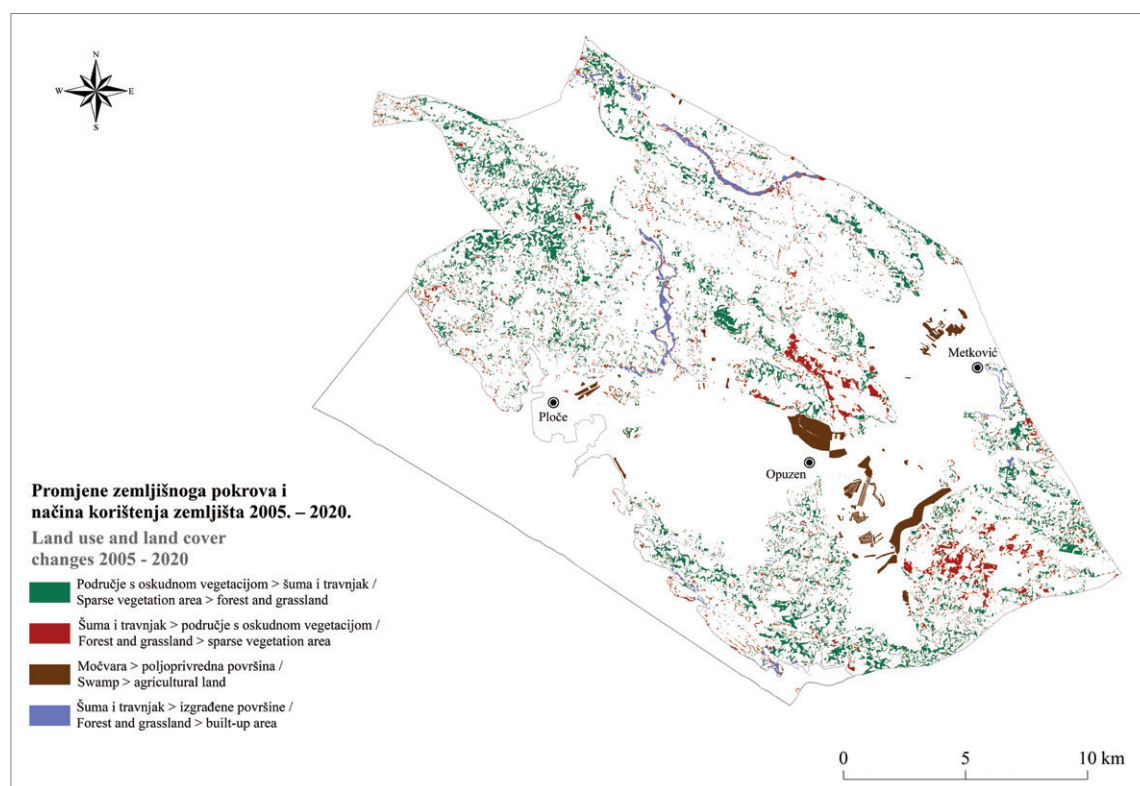


Tab. 5. Procesi promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta Donjoneeretvanskog kraja od 2005. do 2020.  
Tab. 5 Land use and land cover changes in Lower Neretva Region from 2005 to 2020

Promjena / Change	Površina (km <sup>2</sup> ) / Area (km <sup>2</sup> )	Površina (ha) / Area (ha)	Udio promjene (%) / Share of change (%)
Šuma i travnjak – područje s oskudnom vegetacijom / Forest and grassland – sparse vegetation area	20,6	2.060	31,9
Područje s oskudnom vegetacijom – šuma i travnjak / Sparse vegetation area – forest and grassland	19,8	1.980	30,7
Močvara – poljoprivredna površina / Swamp – agricultural land	5,8	580	9,0
Šuma i travnjak – izgrađena površina / Forest and grassland – built-up area	3,3	330	5,1
Poljoprivredna površina – močvara / Agricultural land – swamp	2,6	260	4,0
Šuma i travnjak – poljoprivredna površina / Forest and grassland - agricultural land	1,7	170	2,6
Područje s oskudnom vegetacijom – izgrađena površina / Sparse vegetation area – built-up area	1,6	160	2,5
Ostale promjene / Other changes	9,0	900	14,2

**Promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju od 1990. do 2020. godine**

Land use and land cover changes in the Lower Neretva Region from 1990 to 2020



Sl. 7. Glavne promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju 2005. – 2020. godine

Fig. 7 The main land use and land cover changes in the Lower Neretva Region 2005 – 2020

Izvor: Prema rezultatima istraživanja; GIS Data (2005)

Source: According to the research results; GIS Data (2005)

treća promjena ističe se pretvaranje *močvara u poljoprivredne površine* (tab. 4).

U promatranom razdoblju 2005. – 2020. (sl. 7) promjene su obuhvatile 64,4 km<sup>2</sup> (6.440 ha), što iznosi 15,6 % ukupne površine Donjoneeretvanskoga kraja. Od ukupno 30 kartiranih promjena njih 7 utjecalo je na 85,8 % promjene. Najznačajnija promjena bila je prijelaz iz *šuma i travnjaka u po-*

is the conversion of *swamps to agricultural land* (Tab. 4).

During the observed period 2005–2020 (Fig. 7), the changes covered 64.4 km<sup>2</sup> (6,440 ha), which represents 15.6% of the total area of the Lower Neretva Region. A total of 7 out of the 30 mapped changes was responsible for 85.8% of the change. In this period, the most prominent change was the



Sl. 8. Promjene zemljišnog pokriva i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju 2008. – 2019. godine (općina Slivno)

Fig. 8 Land use and land cover changes in the Lower Neretva Region 2008–2019 (Slivno Municipality)

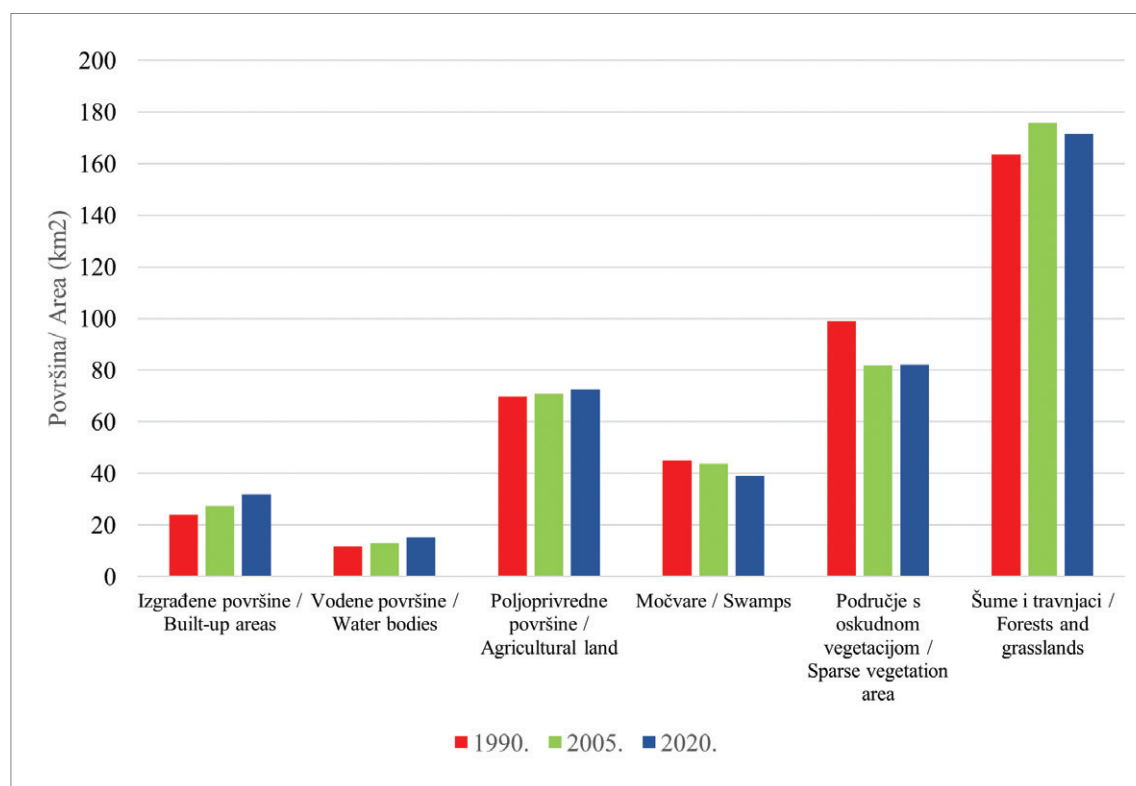
Izvor: Google Earth Pro  
Source: Google Earth Pro

vršine s oskudnom vegetacijom, dok je obrnuti proces, tj. prelazak iz površina s oskudnom vegetacijom u šume i travnjake ovaj put bio druga najzastupljenija promjena. Kao i u slučaju promjena 1990. – 2005. prijelaz iz močvara u poljoprivredne površine bio je treći prema udjelu promjene (tab. 5). Potrebno je istaknuti i transformacije šumskih i oskudno obraslih površina u izgrađene te šumskoga zemljišta u poljoprivredno (sl. 8).

Kada se u obzir uzme cijelo promatrano razdoblje 1990. – 2020., klasa šuma i travnjaka proširena je za 8,25 km<sup>2</sup> (825 ha), što je ujedno i najveći rast jedne klase na ovom području. Izgrađene površine bilježe nešto manji rast, ali s obzirom na ukupnu površinu rast je značajniji i iznosio je 7,84 km<sup>2</sup> (784 ha). Kategorija područja s oskudnom vegetacijom zabilježila je znatno smanjenje površine, čak 16,91 km<sup>2</sup>. Detaljnije stanje prikazano je na slici 9 (sl. 9).

transition from forests and grasslands to sparse vegetation areas, while the reverse process was the second most frequent change. As for the changes from 1990 to 2005, the transition of swamps to agricultural land took third place in terms of proportion of change (Tab. 5). It is especially important to point out the transformation of forests and sparse vegetation areas into built-up areas, and the transition from forests to agricultural land (Fig. 8).

Over the entire observed period of 1990–2020, the area of forests and grasslands increased by 8.25 km<sup>2</sup> (825 ha), which is also the highest growth of any single class in this area. The class built-up areas recorded slightly lower growth, but considering the total area, the growth was more significant and amounted to 7.84 km<sup>2</sup> (784 ha). During the period under observation, sparse vegetation areas experienced a significant reduction of 16.91 km<sup>2</sup>. Figure 9 (Fig. 9) provides a more detailed overview.



Sl. 9. Promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju 1990. – 2005. – 2020.

Fig. 9 Land use and land cover changes in the Lower Neretva Region 1990–2005–2020

Izvor: Prema rezultatima istraživanja  
Source: According to the research results

## Rasprava

Rezultati istraživanja pokazali su da su širenje izgrađenih površina i porast udjela šuma i travnjaka, tj. prirodne vegetacije najdominantniji procesi u Donjoneretvanskom kraju 1990. – 2020. Slični su trendovi zabilježeni u radovima o sjevernoj Hrvatskoj (Horvat, 2013; Cvitanović, 2014a; 2014b; Cvitanović i dr., 2016; Jogun i dr., 2017) te istočnoj Hrvatskoj (Jogun, 2016).

Zanimljivo je navesti da svi navedeni radovi, ali i ostali noviji radovi s područja Hrvatske koji u obzir uzimaju zemljišni pokrov (Blaće, 2014; Durbešić i Fuerst-Bjeliš, 2016; Jovanić, 2017) bilježe smanjenje udjela poljoprivrednih površina. Donjoneretvanski kraj, nasuprot tomu, bilježi povećanje udjela poljoprivrednih površina, ponajviše vezanih uz uži pojas delte. Na rubnim područjima, udaljenijima od gradskih područja, ali i rijeke Neretve, došlo je do transformacije poljoprivrednoga zemljišta u močvarno.

Većina analiziranih radova s područja Europe, koji su proučavali promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u područjima u kojima je početkom 1990-ih došlo do promjene političkoga i ekonomskoga sustava bilježi slične obrasce promjena. Kao i u spomenutim radovima hrvatskih autora radi se poglavito o napuštanju poljoprivrednih površina i rastu udjela prirodne vegetacije. Primjeri su zabilježeni u Češkoj (Václavík i Rogan, 2009; Kupková i Bičik, 2016), Poljskoj (Łowicki, 2008; Cegielska i dr., 2018) te karpatskoj regiji (Griffiths i dr., 2013).

Nasuprot ekstenzifikaciji poljoprivrede u većem dijelu Hrvatske, ali i Europe, Donjoneretvanski kraj zbog specifičnih obilježja terena ostvaruje konstantan porast udjela obradivih površina u zoni aluvijalne ravni i uskom priobalnom pojasu. Ovakvi primjeri intenzifikacije poljoprivrede zabilježeni su drugdje u svijetu, prvenstveno u zemljama u razvoju. Tako su u Africi zabilježeni slučajevi intenzifikacije poljoprivrede u Libiji (Alawamy i dr., 2020), Etiopiji (Dibaba i dr., 2020; Tadese i dr., 2021), Egiptu (Radwan, 2019). Paralelno s ekspanzijom poljoprivrede došlo je i do rasta izgrađenih površina. To se najviše očituje u širenju gradskih naselja, izgradnji autoceste i gradnji u uskom obalnom po-

## Discussion

In the Lower Neretva region 1990–2020, the most dominant processes were the increase of built-up areas and the expansion of forests and grasslands, i.e. natural vegetation. In studies of northern Croatia (Horvat; 2013; Cvitanović, 2014a; 2014b; Cvitanović et al., 2016; Jogun et al., 2017) and eastern Croatia (Jogun, 2016), similar trends were observed.

Interestingly, all of the above studies and also other recent Croatian studies that include land cover (Blaće, 2014; Durbešić and Fuerst-Bjeliš, 2016; Jovanić, 2017) found a decrease in the share of agricultural land. On the other hand, the Lower Neretva region recorded an increase in agricultural land, mostly concentrated in the narrow Delta belt. In peripheral areas, farther away from the towns, but also away from the river, agricultural land was converted into swamps.

Comparatively, there is a similar pattern of changing land use and land cover among the analysed studies from Europe where the political and economic structure changed in the early 1990s. As in the mentioned Croatian works, the focus has mostly been on abandoning agricultural land and increasing the proportion of natural vegetation. Examples have been reported in Czechia (Václavík and Rogan, 2009; Kupková and Bičik, 2016), Poland (Łowicki, 2008; Cegielska et al., 2018), and the Carpathian Mountains (Griffiths et al., 2013).

In contrast to the extensification of agriculture in most of Croatia, but also in Europe, the Lower Neretva Region (due to the specific characteristics of the terrain) has recorded a constant increase in the proportion of arable land in the alluvial zone and the narrow coastal zone. Agricultural intensification has also been recorded in other parts of the world, especially in developing countries. Examples of agricultural intensification in Africa have been reported in Libya (Alawamy et al., 2020), Ethiopia (Dibaba et al., 2020; Tadese et al., 2021) and Egypt (Radwan, 2019). In parallel with the expansion of agriculture, built-up areas have increased. There is considerable evidence of this in the study region in the expansion of urban settlements, the construc-

jasu, povezano s jačanjem turizma (usp. Šulc, 2016). Slično je zabilježeno i na sredozemnoj obali Turske, u širem području grada Didima (Esbah i dr., 2010) te u Grčkoj (Krina i dr., 2020), gdje je uz poljoprivrednu intenzifikaciju i širenje izgrađenih površina došlo i do smanjenja močvarnih staništa.

Uzevši u obzir činjenicu da su se poljoprivredne površine dominantno širile u dijelu aluvijalne ravnine, odnosno područja delte, to se može promatrati iz konteksta strategije lakše pristupačnosti poljoprivrednim površinama. Obradivo zemljište koje je na višim uzvisinama, strmim padinama te daleko od urbanih središta i važnih prometnica sve se više napušta. U brojnim zapadnim zemljama došlo je do promjena u poljoprivrednoj proizvodnji, kao i do korištenja poljoprivrednoga zemljišta u svrhu rekreativnih i turističkih aktivnosti (Hall i dr., 2003; Cvitanović i dr., 2017). Na ovom planu bi svakako bilo dobro dodatno djelovati u Donjone-retvan-skom kraju kako bi se uz uobičajene aktivnosti u poljoprivredi iskoristili i svi potencijali vezani uz ruralni turizam.

Istraživanje se nije bavilo uzrocima promjena zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta, ali uzevši u obzir inicijalne spoznaje, prostorni trendovi sugeriraju daljnje širenje izgrađenih površina i rast poljoprivrede, dok će se negativni procesi vjerojatno nastaviti manifestirati u obliku smanjivanja površina s oskudnom vegetacijom i močvara. Naravno, brojni su čimbenici koji utječu na navedeno i moguće ih je promatrati u kontekstu više mogućih scenarija razvoja te različitih tipova ruralnih područja prema razvojnim obilježjima (Lukić i dr., 2021).

## Zaključak

Analiza strukture i promjena zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjone-retvan-skom kraju 1990. – 2020. pokazala je da je došlo do zamjetnih promjena u prostoru, što potvrđuje pretpostavku s početka istraživanja. U razdoblju 1990. – 2005. promjena je zabilježena na 16,8 % površine promatranoga područja, dok je za razdoblje 2005. – 2020. promjena iznosila 15,6 %. Landsatove satelitske snimke klasificirane su hibridnim pristupom, odnosno primjenom nenadzirane klasifikacije

of a new motorway, and construction in the narrow coastal strip associated with the strengthening of tourism (cf. Šulc, 2016). Similar trends have also been noted on the Mediterranean coast of Turkey, in the greater area of Didim (Esbah et al., 2010), and in Greece (Krina et al., 2020), where, apart from agricultural intensification, built-up areas have increased and swamps have declined.

Agricultural land expanded mainly in the alluvial plain, i.e. in the delta area, due to the fact that this land is easier to access/work. It has become increasingly common for arable land at higher altitudes, along steep slopes, as well as land away from urban areas and main roads, to be abandoned. There have been changes in agricultural production as well as in the use of agricultural land for recreational and tourist activities in many Western countries (Hall et al., 2003; Cvitanović et al., 2017). In this regard, it would certainly be beneficial to broaden development in the Lower Neretva Region so that, in addition to the usual activities in agriculture, all the potentials associated with rural tourism were also utilised.

The causes of the changes in land use and land cover have not been fully investigated, but taking into account the initial results, the spatial trends indicate a further expansion of built-up areas and agricultural growth, while the negative processes are likely to continue to manifest themselves in a reduction of sparse vegetation areas and swamps. It is possible to observe these influences in the context of several possible development scenarios and different types of rural areas according to their development characteristics (Lukić et al., 2021).

## Conclusion

The analysis of land use and land cover changes in the Lower Neretva region between 1990 and 2020 showed noticeable changes, which confirms the assumption from the beginning of the study. In the period of 1990–2005, change was recorded on 16.8% of the observed area, while change for the period of 2005–2020 was 15.6%. In a hybrid approach, Landsat satellite images were classified using unsupervised classification and manual (visual) classification, and the results achieved a

u kombinaciji s ručnom (vizualnom) klasifikacijom i ostvareni su rezultati s visokom razinom točnosti prema predloženim intervalima kappa koeficijenta.

Ukupna promjena klasa zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta pokazala je da su *šume i travnjaci* postigli najveći rast u promatranom 30-godišnjem razdoblju, dok su *površine s oskudnom vegetacijom* doživjele najveće gubitke. Zarastanje površina u travnjake i šume najznačajnije je u ruralnom dijelu Donjoneretvanskog kraja, koje karakteriziraju procesi depopulacije i deagrarizacije. S druge strane, na području aluvijalne ravni došlo je do širenja *poljoprivrednih površina* s istovremenim smanjenjem *močvara*. Iako se ovo istraživanje nije bavilo uzrocima promjena zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta kao ni detaljnom sociogeografskom analizom područja, može se zaključiti da se u neretvanskoj delti intenzivira poljoprivredna proizvodnja, poglavito na štetu močvarnih staništa. Širenje poljoprivrednih površina (vinograda i maslinika) zabilježeno je na padinama u priobalnom pojasu općine Slivno. Uz rast udjela *šuma i travnjaka i poljoprivrednih površina* klasa *izgrađenih površina* proširila se za gotovo 33 %.

Mogućnosti za daljnja istraživanja ove teme svakako su vezana uz korištenje satelitskih snimaka visoke prostorne rezolucije kao što su IKONOS, Quickbird, GeoEye, Worldview-3 i sl. Potencijal također postoji i u korištenju naprednijih klasifikacijskih algoritama i novijih metoda procjene točnosti modela. Analiza i klasifikacija navedenih snimaka zacijelo bi pomogla u prostornom planiranju i upravljanju, a dovela bi do boljeg razumijevanja aspekta korištenja zemljišta koje bi se kasnije moglo koristiti na racionalniji i optimalniji način. Potencijal postoji i u daljnjem istraživanju uzroka promjena zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta. Detekcijom uzroka dobile bi se detaljne smjernice o tome kako poboljšati upravljanje zemljištem te na taj način zaustaviti postojeće i smanjiti mogućnost nastanka budućih problema.

high level of accuracy, according to the proposed intervals of the kappa coefficient.

In terms of the overall change of land use and land cover classes, it was found that the share of *forests and grasslands* grew the most during the observed 30 years, while the share of *sparse vegetation areas* shrank the most. Overgrowth in grassland and forest occurred mostly in the rural portion of Lower Neretva Region, where depopulation and deagrarisation processes are prominent. In contrast, the alluvial plain saw an expansion of *agricultural land* with a simultaneous reduction of *swamps*. Even though the research did not address the causes of land use and land cover changes or perform a detailed socio-geographic analysis of the area, it was concluded that agriculture is intensifying in the Neretva delta, primarily at the expense of swamps. On the slopes in the coastal zone of Slivno, agricultural land (vineyards and olive groves) has expanded. In parallel with the growth in *forests and grasslands* and *agricultural land, built-up areas* increased by about 33%.

Further research on this topic could take advantage of high-resolution satellite images such as IKONOS, Quickbird, GeoEye, and Worldview-3. There is also potential for the use of more advanced classification algorithms and newer methods for estimating model accuracy. More accurate analysis and classification would undoubtedly lead to better spatial planning and management, which could lead to more rational and efficient land use. Research of the causes of changes in land use and land cover is another possible avenue that could be beneficial. Once the causes are identified, detailed guidelines can be provided for ways to improve land management, and thus solve existing land problems and mitigate the possibility of future problems.

- Alawamy, J. S., Balasundram, S. K., Hanif, A. H. M., Teh Boon Sung, C., 2020: Detecting and Analyzing Land Use and Land Cover Changes in the Region of Al-Jabal Al-Akhdar, Libya Using Time-Series Landsat Data from 1985 to 2017, *Sustainability* 12 (11), 1-24, DOI: 10.3390/su12114490.
- Blaće, A., 2014: Razvoj i suvremena preobrazba krajolika naselja danilskog polja kod Šibenika, *Ekonomika i ekohistorija: časopis za gospodarsku povijest i povijest okoliša* 10 (1), 173-188.
- Campbell, J. B., 2006: *Introduction to Remote Sensing*, The Guilford Press.
- Caprioli, M., Leone, A., Ripa, M. N., Tarantino, E., 2003: A hybrid land cover classification of landsat 7 etm+ data for an efficient vegetation mapping, *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens* 57, 451-460.
- Cegielska, K., Noszczyk, T., Kukulska-Kozieł, A., Szylar, M., 2018: Land use and land cover changes in post-socialist countries: Some observations from Hungary and Poland, *Land Use Policy* 78, 1-18, DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.06.017.
- Crkvenčić, I., 1951: O agrarnoj strukturi gornjeg porječja Bednje, *Geografski glasnik* 13 (1), 101-114.
- Crkvenčić, I., 1957: Prigorje planinskog niza Ivančice, *Geografski glasnik* 19 (1), 9-56.
- Crkvenčić, I., 1958: Prigorje planinskog niza Ivančice, *Geografski glasnik* 20 (1), 1-48.
- Cvitanović, M., 2014a: *Promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Krapinsko-zagorskoj županiji od 1978. do 2011. godine*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek.
- Cvitanović, M., 2014b: Promjene zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta u Krapinsko-zagorskoj županiji od 1991. do 2011., *Hrvatski geografski glasnik* 76 (1), 41-59.
- Cvitanović, M., Blackburn, G. A., Jepsen, M. R., 2016: Characteristics and drivers of forest cover change in the post-socialist era in Croatia: evidence from a mixed-methods approach, *Regional Environmental Change* 16 (1), 1-13, DOI: 10.1007/s10113-016-0928-0.
- Cvitanović, M., Lučev, I., Fuerst-Bjeliš, B., Slavuj Borčić, L., Horvat, S., Valožić, L., 2017: Analyzing post-socialist grassland conversion in a traditional agricultural landscape - Case study Croatia, *Journal of Rural Studies* 51 (2017), 53-63, DOI: 10.1016/j.jrurstud.2017.01.008.
- Čuka, A., Magaš, D., 2003: Socio-geografska preobrazba otoka Ista, *Geoadria* 8 (2), 67-86.
- Dangachew, M., Kebede, A., Moges, A., Abebe, A., 2020: Land Use Land Cover Changes and Its drivers in Gojeb River Catchment, Omo Gibe Basin, Ethiopia, *Journal of Agriculture and Environment for International Development - JAEID* 2020, 114 (1), 33-56.
- Dannenberg, P., Kuemmerle, T., 2010: Farm Size and Land Use Pattern Changes in Postsocialist Poland, *The Professional Geographer* 62 (2), 197-210, DOI: 10.1080/00330120903546312.
- Dibaba, W. T., Demissie, T. A., Miegel, K., 2020: Drivers and Implications of Land Use/Land Cover Dynamics in Finchaa Catchment, Northwestern Ethiopia, *Land* 2020, 9 (4), DOI: 10.3390/land9040113.
- Durbešić, A., Fuerst-Bjeliš, B., 2016: Tipovi i trendovi promjene pejzaža planine Svilaje - Ogorje, *Ekonomika i ekohistorija* 12 (1), 208-221.
- Esbah, H., Kara, B., Deniz, B., Kesgin, B., 2010: Changing Land Cover Characteristics of a Developing Coastal Town: A Case Study of Didim, Turkey, *Journal of Coastal Research* 26 (2), 274-282, DOI: 10.2112/08-1092.1.
- Foody, G. M., 2002: Status of land cover classification accuracy assessment, *Remote Sensing of Environment* 80 (1), 185-201.
- Glamuzina, M., 1986: *Delta Neretve - promjene agrarnog pejzaža u delti Neretve*, Savez geografskih društava Hrvatske, Zagreb.
- Goldewijk, K. K., Ramankutty, N., 2009: Land Use Changes During the Past 300 Years, Land Use, Land Cover and Soil Sciences 1, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).
- Griffiths, P., Müller, D., Kuemmerle, T., Hostert, P. 2013: Agricultural land change in the Carpathian ecoregion after the breakdown of socialism and expansion of the European Union, *Environmental Research Letters* 8 (4), DOI: 10.1088/1748-9326/8/4/045024.
- Grigg, D., 1987: The Industrial Revolution and Land Transformation, in: Wolman, M. G., Fournier F. G. A. (eds.): *Land Transformation in Agriculture*, Wiley (SCOPE), New York, 79-109.
- Hall, D., Mitchell, M., Roberts, L., 2003: Tourism and the Countryside: Dynamic Relationships, in: *New Directions in Rural Tourism* (eds. Hall, D. et al.), Ashgate, Aldershot, 3-15.
- Horning, N., 2004: *Land cover classification methods, Version 1.0*, American Museum of Natural History, Center for Biodiversity and Conservation, New York.
- Horvat, Z., 2013: Using Landsat Satellite Imagery to Determine Land Use/Land Cover Changes in Međimurje County, Croatia, *Hrvatski geografski glasnik* 75 (2), 5-28.
- Issa, S. M. G., Shuwaihi, A. A., 2011: Analysis of LULC changes and urban expansion of the resort city of Al Ain using remote sensing and GIS, *2011 6th International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images (MultiTemp)*, DOI: 10.1109/Multi-Temp.2011.6005094
- Jogun, T., 2016: *Simulacijski model promjene zemljišnog pokrova u Požeško-slavonskoj županiji*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek.
- Jogun, T., Pavlek, K., Belić, T., Buhin, S., Malešić, N., 2017: Promjene zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj od 1981. do 2011. godine, *Hrvatski geografski glasnik* 79 (1), 33-59, DOI: 10.21861/HGG.2017.79.01.02.
- Jovanić, M., 2017: *GIS analiza i razvojna tipologija krajolika Srednje Like*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek.
- Kantakumar, N. L., Neelamsetti, P., 2015: Multi-temporal land use classification using hybrid approach, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 18 (2), 289-295, DOI: 10.1016/j.ejrs.2015.09.003.
- Koren, T., Črne, M., Koprivnikar, N., Trkov, D., Drašler, K., Jelić, D., 2012: Prilog poznavanju herpetofaune (Amphibia & Reptilia) donjeg dijela rijeke Neretve (Hrvatska i Bosna i Hercegovina), *Hyla: Herpetological bulletin* 2012 (2), 19-40.
- Krina, A., Xystrakis, F., Karantininis, K., Koutsias, N., 2020: Monitoring and Pro-

- jecting Land Use/Land Cover Changes of Eleven Large Deltaic Areas in Greece from 1945 Onwards, *Remote Sensing* 12 (8), DOI: 10.3390/rs12081241.
- Kulkarni, A., Chong, D., Batarseh, F. A., 2020: Foundations of data imbalance and solutions for a data democracy, in: *Data Democracy: At the nexus of artificial intelligence, software development, and knowledge engineering* (eds. Batarseh, F. A., Yang, R.) Academic Press; 1st edition, 83-106, DOI: 10.1016/B978-0-12-818366-3.00005-8.
- Kupková, L., Bičík, I., 2016: Landscape transition after the collapse of communism in Czechia, *Journal of Maps* 12 (1), 526-531, DOI: 10.1080/17445647.2016.1195301.
- Lambin, E. F., Geist, H. J., Lepers, E., 2003: Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions, *Annual Review of Environment and Resources* 28, 205-241, DOI: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105459.
- Lo, C. P., Choi, J., 2004: A hybrid approach to urban land use/cover mapping using Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETMz) images, *International Journal of Remote Sensing* 25 (14), 2687-2700.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W., 2005: *Geographic information systems and science*, Wiley, Chichester.
- Łowicki, D., 2008: Land use changes in Poland during transformation, Case study of Wielkopolska region, *Landscape and Urban Planning* 87 (4), 279-288, DOI: 10.1016/j.landurbplan.2008.06.010.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, E., 2004: Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing* 25 (12), 2365-2401.
- Lu, Y., Wu, P., Ma, X., Li, X., 2019: Detection and prediction of land use/land cover change using spatiotemporal data fusion and the Cellular Automata-Markov model, *Environmental Monitoring and Assessment* 191 (2), 68, DOI: 10.1007/s10661-019-7200-2.
- Lukić, A., Radeljak Kaufmann, P., Valozić, L., Zupanc, I., Cvitanović, M., Pejnović, D., Žilić, I. 2021. Croatian Rural Futures in 2030: Four Alternative Scenarios for Post-socialist Countryside in the Newest E.U. Member State, *Geographical Review* 1-21, DOI:10.1080/00167428.2020.1871298.
- Magaš, D. i Faričić, J., 2002: Problemi suvremene socio-geografske preobrazbe otoka Oliba, *Geoadria* 7 (2), 35-62.
- McHugh, M. L., 2012: Interrater reliability: the kappa statistic, *Biochemia Medica* 22 (3), 276-282.
- Mihai, B., Nistor, C., Simion, G., 2015: Post-socialist urban growth of Bucharest, Romania – a change detection analysis on Landsat imagery (1984–2010), *Acta geographica Slovenica* 55 (2), 223-234, DOI: 10.3986/AGS.709.
- Msofe, N. K., Sheng, L., Lyimo, J., 2019: Land Use Change Trends and Their Driving Forces in the Kilombero Valley Floodplain, Southeastern Tanzania, *Sustainability* 11 (2), 505, DOI:10.3390/su11020505.
- Mundia, C. N., Aniya, M., 2005: Analysis of land use/cover changes and urban expansion of Nairobi city using remote sensing and GIS, *International Journal of Remote Sensing* 26 (13), 2831-2849, DOI: 10.1080/01431160500117865.
- Nwilo, P. C., Olayinka, D. N., Okolie, C. J., Emmanuel, E. I., Orji, M. J., Daramola, O. E., 2020: Impacts of land cover changes on desertification in northern Nigeria and implications on the Lake Chad Basin, *Journal of Arid Environments* 181, 104190, DOI: 10.1016/j.jaridenv.2020.104190.
- Patra, S., Gavsker, K. K., 2021: Land use and land cover change-induced landscape dynamics: a geospatial study of Durgapur Sub-Division, West Bengal (India), *Acta Universitatis Carolinae Geographica* 56 (1), 79-94, DOI: 10.14712/23361980.2021.3.
- Pokos, N., 2017: Demografska obilježja sjeverozapadne Hrvatske, *Radovi zavoda za znanstveni rad Varaždin* (28), 155-174, DOI: 10.21857/yk3jwhk779.
- Radwan, T.M., 2019: Monitoring Agricultural Expansion in a Newly Reclaimed Area in the Western Nile Delta of Egypt Using Landsat Imageries, *Agriculture* 9 (7), DOI: 10.3390/agriculture9070137.
- Rayner, S., Bretherton, F., Buol, S., Fosberg, M., Grossman, W., Houghton, R., Lal, R., Lee, J., Lonergan, S., Olson, J., Rockwell, R., Sage, C., Van Imhoff, E., 1994: A Wiring Diagram for the Study of Land Use/Cover Change: Report of Working Group A, in: *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective* (eds. Meyer, W. B. i Turner II, B. L.), Cambridge University Press, 13-53.
- Rogić, V., 1957: Velebitska primorska padina, *Geografski glasnik* 19 (1), 61-100.
- Rogić, V., 1958: Velebitska primorska padina, *Geografski glasnik* 20 (1), 53-110.
- Souza, C. H. W., Mercante, E., Prudente, V. H. R., Justina, D. D. D., 2013: Methods of performance evaluation for the supervised classification of satellite imagery in determining land cover classes, *Ciencia e investigación agraria* 40 (2), 419-418, DOI: 10.4067/S0718-16202013000200016.
- Story, M., Congalton, R. G., 1986: Accuracy assessment: a user's perspective, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 52, 397-399.
- Šegota, T., Filipčić, A., 2003: Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje, *Geoadria* 8 (1), 17-37.
- Šulc, I., 2016: *Modeli razvoja turizma u Južnoj Dalmaciji*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek.
- Tadese, S., Soromessa, T., Bekele, T., 2021: Analysis of the Current and Future Prediction of Land Use/Land Cover Change Using Remote Sensing and the CA-Markov Model in Majang Forest Biosphere Reserves of Gambella, Southwestern Ethiopia, *The Scientific World Journal* 2021, DOI: 10.1155/2021/6685045.
- Václavík, T., Rogan, J., 2009: Identifying Trends in Land Use/Land Cover Changes in the Context of Post-Socialist Transformation in Central Europe: A Case Study of the Greater Olomouc Region, Czech Republic, *GIScience & Remote Sensing* 46 (1), 54-76, DOI: 10.2747/1548-1603.46.1.54.
- Valozić, L., Cvitanović, M., 2011: Mapping the Forest Change: Using Landsat Imagery in Forest Transition Analysis within the Medvednica Protected Area, *Hrvatski geografski glasnik* 73 (1), 245-255.
- Valozić, L., 2014: Klasifikacija zemljišnog pokriva urbanog i periurbanog prostora pomoću objektno orijentirane analize multispektralnih snimaka, *Hrvatski geografski glasnik* 76 (2), 27-38.
- Valozić, L., 2015: *Objektno orijentirana klasifikacija zemljišnog pokriva pomoću multispektralnih satelitskih snimaka – primjer Grada Zagreba*, doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslov-



- no-matematički fakultet, Geografski odsjek.
- Worster, D., 1994: *The Wealth of Nature: Environmental History and the Ecological Imagination*, Oxford University Press.
- Xu, H., Wang, X., Xiao, G., 2000: A remote sensing and GIS integrated study on urbanization with its impact on arable lands: Fuqing City, Fujian Province, China, *Land Degradation & Development* 11 (4), 301-314, DOI: 1002/1099-145X(200007/08)11:4<301::AID-LDR392>3.3.CO;2-E
- Zupanc, I., 2018: Demogeografski razvoj hrvatskog pograničja 2001. – 2011., *Migracijske i etničke teme* 34 (2), 113-142, DOI: 10.11567/met.34.2.1.
- Državna geodetska uprava (DGU), 2016: Središnji registar prostornih jedinica RH (GIS shapefileovi), Zagreb.
- Državna geodetska uprava (DGU), 2021: Geoportal Nacionalne infrastrukture prostornih podataka (NIPP), <https://geoportal.nipp.hr/viewer/?actiontype=loadwmslayers&serviceurl=http:%2F%2Fgeoportal.dgu.hr%2Fwms&layernames=%5BASK%5D> (15. 4. 2021.)
- GIS Data, 2005: Digitalni atlas Republike Hrvatske (DARH), GIS Data, Zagreb, 2005.
- Google Earth Pro, 7.3.4.8248 (64-bit) (25. 9. 2021.)
- Lokalna akcijska grupa (LAG) Neretva, 2019: Lokalna razvojna strategija lokalne akcijske grupe Neretva 2014.-2020., [http://www.lagneretva.com/wp-content/uploads/2019/07/LAG-NERETVA\\_LRS-2014-2020\\_PRVA-IZMJENA\\_19072019\\_FINAL.pdf](http://www.lagneretva.com/wp-content/uploads/2019/07/LAG-NERETVA_LRS-2014-2020_PRVA-IZMJENA_19072019_FINAL.pdf) (5. 6. 2021.)
- NASA, 2021: The Landsat program, <http://landsat.gsfc.nasa.gov> (9. 6. 2021.)
- U.S. Geological Survey (USGS), 2021a: Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples (AppEEARS), U.S. Geological Survey (USGS), <https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appears/> (27. 2. 2021.)
- U.S. Geological Survey (USGS), 2021b: EarthExplorer, <http://earthexplorer.usgs.gov> (6. 4. 2021.)

J. Šetka  
P. Radeljak Kaufmann  
L. Valozić

**Promjene zemljišnoga pokrova i načina korištenja zemljišta u Donjoneeretvanskom kraju od 1990. do 2020. godine**

Land use and land cover changes in the Lower Neretva Region from 1990 to 2020

Izvori  
Sources

Autori  
Authors

Josip Šetka [josipset@gmail.com](mailto:josipset@gmail.com)  
mag. geogr., Microblink d.o.o., Strojarska cesta 20,  
10 000 Zagreb, Hrvatska

Petra Radeljak Kaufmann [radeljak@geog.pmf.hr](mailto:radeljak@geog.pmf.hr)  
doc. dr. sc., Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Marulićev trg 19/II,  
10 000 Zagreb, Hrvatska

Luka Valozić [lvalozi@geog.pmf.hr](mailto:lvalozi@geog.pmf.hr)  
doc. dr. sc., Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Marulićev trg 19/II,  
10 000 Zagreb, Hrvatska