

Primljeno / Received  
02-07-2021 / 2021-07-02Prihvaćeno / Accepted  
17-10-2021 / 2021-10-17Marta Hamzić  
Borna Fuerst-Bjeliš

## Primjena prostorne i dijakronijsko-procesne analize razvoja krajolika na području Srednje Like (Hrvatska) od 1980. do 2012.

### Application of spatial- and diachronic-process analysis of landscape development in Central Lika, Croatia from 1980 to 2012

Rad prikazuje strukturalna obilježja te proces i intenzitet promjene krajolika regije Srednje Like (Hrvatska) u tranzicijskom postsocijalističkom i poratnom razdoblju (1980.–2012.). Cilj je utvrditi zakonitosti i odnos promjene strukture krajolika te procesa i njihova intenziteta koji ih uzrokuju. Primjenom GIS metoda prostorne analize definirani su *oblik, položaj i stanje* uzoraka krajolika za promatrane godine. Dijakronijsko-procesna analiza, uz primjenu posebno razvijena pokazatelja – Indeksa Razvoja Krajolika (*di*), omogućila je da se utvrdi intenzitet procesa promjene pojedinih elemenata strukture krajolika. Krajolik je promatran kroz koncept zemljišnoga pokriva/načina korištenja zemljišta (LULC) te su u tu svrhu korišteni podatci baza podataka CORINE Land Cover za 1980. i 2012.

Rezultati istraživanja pokazali su da je došlo do usitnjavanja i povećanja broja uzoraka uz istovremeno povećanje kompleksnosti i smanjivanje površine jezgre. Istodobno povećanje udjela rubnih dijelova utječe na pojačanu ranjivost na vanjske utjecaje i promjene.

Potvrdila se prednost primjene Indeksa Razvoja Krajolika (*di*) u odnosu na standardnu komparaciju dvaju stanja ili sintetičke indekse jer je za svaku pojedinu pojavu/proces moguće utvrditi i intenzitet, što omogućuje dublju prostorno-vremensku analizu i bolje razumijevanje razvoja krajolika.

**Ključne riječi:** promjena krajolika, struktura krajolika, dijakronijsko-procesna analiza, temporalna analiza, ranjivost krajolika, Srednja Lika, Indeks Razvoja Krajolika (*di*)

The paper presents structural features and the process and intensity of landscape changes in the Central Lika Region of Croatia, in the transitional, post-socialist and post-war periods (1980–2012). The aim of this paper is to analyse regularities and interrelations between the changes in structural features and the intensity of the processes that cause change. By using GIS spatial analysis methods, the *shape, position, and condition* of landscape patches were defined for each year. The diachronic-process analysis, with the application of a specially-developed index — the Landscape Development Index (*di*) — made it possible to determine the intensity of development of individual landscape elements. The landscape was observed using the concept of Land Use/Land Cover (LULC) and, for this purpose, data from the CORINE Land Cover database were used for 1980 and 2012.

The results showed fragmentation and an increase in the number and complexity of patches, as well as a decrease of the core patch area. Consequently, the increase of the share of edge areas has increased vulnerability to external influences and changes.

Applying the Landscape Development Index (*di*) showed advantages compared to a standard comparison of the two conditions or synthetic indices, enabling the intensity of each observed phenomenon/process to be determined, and allowing for deeper spatial and temporal analysis as well as better understanding of landscape development.

**Key words:** landscape change, landscape structure, diachronic-process analysis, temporal analysis, landscape vulnerability, Central Lika, Landscape Development Index (*di*)

## Uvod – područje i obuhvat istraživanja

Krajolik je konstantno izložen promjenama uzrokovanim prirodnim silama i/ili društveno-gospodarskim aktivnostima. Promjene u krajoliku različita su intenziteta i vremenskoga trajanja (Emanuelsson, 2009). Od završetka Drugoga svjetskog rata razvoj krajolika uvjetovan je prije svega trima pokretačkim silama: prometnom dostupnošću, urbanizacijom i globalizacijom (Antrop, 2005), a utvrđena su općenito dva glavna trenda razvoja – intenzifikacija i ekstenzifikacija (Van Eetvelde i Antrop, 2009 prema Vosu i Klijnu, 2000). Promjene u velikoj mjeri rezultiraju gubitkom različitosti, koherentnosti i identiteta (Antrop, 1997; 2005) kao i karaktera krajolika (Mücher i dr., 2010).

Većini krajolika gorsko-planinskih seoskih/ruralnih područja u srednjoj i istočnoj Europi nakon raspada socijalizma, pa tako i u Hrvatskoj, zajedničko je obilježje zapuštanje, odnosno ekstenzifikacija korištenja zemljišta, uvjetovana depopulacijom i starenjem stanovništva te smanjenjem intenziteta društveno-gospodarskih aktivnosti (Cvitanović i Fuerst-Bjeliš, 2018; Jogun i dr. 2019). Međutim, Hrvatska u cjelini, a osobito pogranična područja kao što je Lika dodatno su pogođena izravnim i neizravnim posljedicama Domovinskog rata, koji je bio u posljednjem desetljeću 20. stoljeća (1991.–1995.). One se prije svega očituju u smanjenju ukupnoga broja stanovnika te napuštanja i daljnega smanjenja brojnosti stanovništva pograničnih područja, posebno onih koja su etnički mješovita kao što je to jugoistočno područje Like.

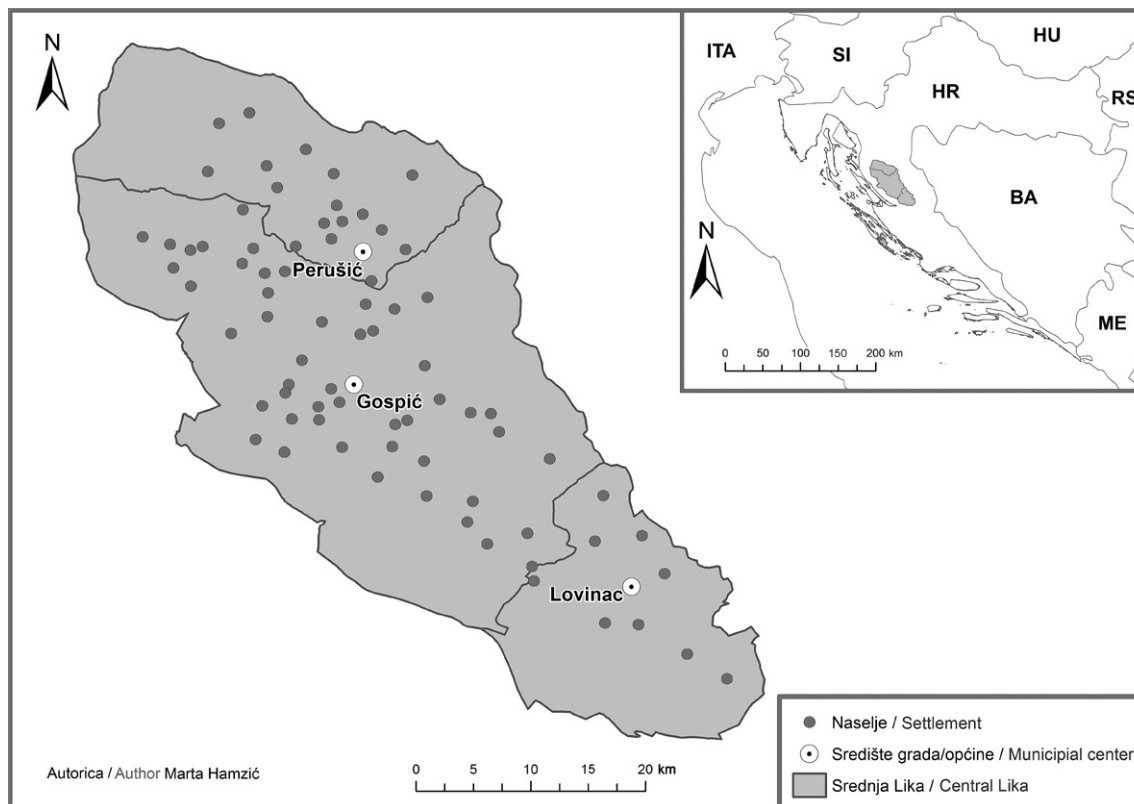
Područje ovdje prikazana istraživanja jest ruralna i većim dijelom marginalna regija Srednja Lika, ukupne površine od približno 1.690 km<sup>2</sup>. Regija je smještena u dinarskom planinskom pojasu Hrvatske, a obuhvaća prostrana krška polja i dio orografskoga okvira planine Velebit. Prema aktualnoj administrativno-teritorijalnoj podjeli obuhvaća tri jedinice lokalne samouprave unutar Ličko-senjske županije: Grad Gospić, Općinu Perušić i Općinu Lovinac (sl. 1). Na području Srednje Like nalazi se ukupno 78 naselja u kojima je prema zadnjem

## Introduction: the area and the scope of research

The landscape is constantly exposed to changes caused by natural forces and/or socio-economic activities. Changes in landscape are of varying intensity and duration (Emanuelsson, 2009). Since the end of World War II, landscape development has been conditioned primarily by three driving forces: transport accessibility, urbanization, and globalization (Antrop, 2005); and two main development trends have been identified: intensification and extensification (Van Eetvelde and Antrop, 2009, as cited in Vos and Klijn, 2000). The changes have largely resulted in a loss of diversity, coherence, and identity (Antrop, 1997; 2005) as well as landscape character (Mücher et al., 2010).

In the post-socialist period, for most landscapes in mountainous rural areas in Central and Eastern Europe, including Croatia, a common feature is neglect or extensification of land use due to depopulation, aging population, and reduced intensity of socio-economic activities (Cvitanović and Fuerst-Bjeliš, 2018; Jogun et al., 2019). Croatia in general, but particularly its border regions, among them Lika, has been directly and indirectly affected by the consequences of the Croatian War of Independence (1991–1995). The primarily consequences of the War were population loss and displacement, and further depopulation and abandonment of border areas, especially in those of ethnically-mixed character, e.g. the southeastern part of Lika.

The research area is the rural and largely marginal region of Central Lika, which has a total area of approximately 1,690 km<sup>2</sup>. The region is located in the Croatian Dinarides, and includes large karst poljes and part of the orographic frame of Velebit Mountain. According to Croatia's current administrative and territorial division, Central Lika consists of three local government units within Ličko-Senj County: The Town of Gospić, the Municipality of Perušić, and the Municipality of Lovinac (Fig. 1). There are a total of 78 settlements in Central Lika, in which, according to the last census (2011), a total



Sl. 1. Područje istraživanja: regija Srednja Lika, Hrvatska  
Fig. 1 Area of research: Central Lika Region, Croatia

popisu stanovništva (2011.) zabilježeno ukupno 16.390 stanovnika (DZS, 2020),<sup>1</sup> a prema procjenama za 2019. broj stanovnika smanjen je na 14.583 stanovnika (DZS, 2021b).<sup>2</sup>

Tijekom većine svoga povijesnog razdoblja ovo je bila (i još uvijek jest) pogranična regija, što uglavnom nije pogodovalo stabilnosti naseljenosti i poljoprivrede, upravo suprotno (Fuerst-Bjeliš, 2020b; Fuerst-Bjeliš i Glamuzina, 2021). To je stoljećima bilo područje stalnih migracija i kulturnih dodira s bitnim okolišnim posljedicama. Tako su kartografski izvori već s početka 18. stoljeća dokumentirali ovo pogranično područje kao napušteno i opustošeno – *terra deserta* (Fuerst-Bjeliš, 2012; 2020a; Fuerst-Bjeliš i Vukosav, 2019).

of 16,390 inhabitants were recorded (CBS, 2020)<sup>1</sup>; while according to estimates for 2019, the population has since shrunk to 14,583 inhabitants (CBS, 2021b)<sup>2</sup>.

Throughout most of its past, Lika has been (and still is) a border region, characterized by poor settlement stability, weak agrarian economy, general instability, and transhumance (Fuerst-Bjeliš, 2020b; Fuerst-Bjeliš and Glamuzina, 2021). For centuries, it has been an area of continuous cultural contact and migration with considerable environmental impact. Some of the early 18<sup>th</sup> century cartographic sources documented the borderland area (including the research area) as deserted and devastated – i.e. *terra deserta* (Fuerst-Bjeliš, 2012; 2020a; Fuerst-Bjeliš and Vukosav, 2019).

1 Državni zavod za statistiku (DZS), 2020: Popis stanovništva 2011., <https://www.dzs.hr>. (18. 12. 2020.)

2 Državni zavod za statistiku (DZS), 2021b: Stanovništvo – procjena i prirodno kretanje, <https://www.dzs.hr> (11.9.2021.) Paralelno s pisanjem ovoga rada (rujan 2021.) odvija se aktualni popis stanovništva za 2021. godinu.

1 Croatian bureau of statistics (CBS) (2020): Census 2011, <https://www.dzs.hr> (18.12.2020)

2 Croatian bureau of statistics (CBS) (2021b): Population – estimate and natural change, <https://www.dzs.hr> (11.9.2021). The population census for 2021 is underway at the time of writing (September 2021).

U razdoblju nakon Drugoga svjetskog rata na području Srednje Like, kao i većine planinskih i općenito ruralnih predjela, jača odljev stanovništva iz sela u gradove, bilježe se odlasci na tzv. privremeni rad u inozemstvo, napose mlađega vitalnog i fertilnog stanovništva, a posljedično i demografsko starenje te prirodni pad stanovništva. U drugoj polovici dvadesetoga stoljeća na području Srednje Like prisutan je stoga kontinuirani proces smanjenja ukupnoga broja stanovnika (Pejnović, 1985; 2004a; 2004b; Štambuk, 1998; Turk, 2009; Živić, 2009; Turk i dr., 2015).

Posljednje desetljeće 20. stoljeća bilo je dodatno obilježeno značajnim smanjenjem ukupnoga broja stanovnika, raseljavanjem i (e)migracijom koje su pratile Domovinski rat (1991.–1995.). Rat je donio smanjenje ukupnoga broja stanovnika regije (-48,82 %) te još značajnije smanjenje u jugoistočnom ruralnom području regije (Općina Lovinac) prema popisu stanovništva iz 2001. (DZS, 2021a), koje je uvjetovano emigracijom srpskoga manjinskog stanovništva (-89,43 %).

Demografske procjene za razdoblje od 2008. do 2017. godine za Republiku Hrvatsku i županije (HGK, 2019) pokazuju smanjenje ukupnoga broja stanovnika. Područje Ličko-senjske županije unutar Hrvatske (-4,3 %), uz tri slavonske županije, pokazuje najveće smanjenje (-13,2 %). Vitalni indeks, kao pokazatelj izrazito negativne dinamike demografskih kretanja, u Ličko-senjskoj županiji najniži je (44,1) u odnosu na sve ostale županije i cijelu Hrvatsku. Ta činjenica, uz ostale nepovoljne demografske elemente poput visoke dobne strukture i smanjenja udjela stanovništva fertile dobi, samo potvrđuje da će se nepovoljna demografska kretanja nastaviti i u budućem razdoblju. Općenito govoreći, smanjenje broja stanovnika i promjena načina života u vidu napuštanja tradicionalne poljoprivrede, odnosno ekstenzifikacije, uvjetuje proces prirodne sukcesije i reforestacije te promjenu krajolika. Međutim, unutar Srednje Like kao cjeline utvrđene su i unutarregionalne razlike u intenzitetu i prirodni procesa promjene. To se prije svega odnosi na razliku između središnjega područja regije oko grada Gospića, koje kao jedino urbano naselje u posljednjem međupopisnom razdoblju (2001.–2011.) ima pozitivni demograf-

In the period after World War II, in the area of Central Lika, as well as in most mountainous and generally rural areas, there was a strong outflow of population from the countryside to cities; emigration for the purposes of temporary work abroad was also documented, especially of the younger vital and fertile population, which led to demographic aging and natural population decline. In the second half of the 20<sup>th</sup> century, the area of Central Lika saw, therefore, a continuous reduction of total population (Pejnović, 1985; 2004a; 2004b; Štambuk, 1998; Turk, 2009; Živić, 2009; Turk et al., 2015).

The very last decade of the 20<sup>th</sup> century was additionally marked by significant population loss, displacement, and (e)migration following the Croatian War of Independence (1991–1995). The War brought severe population reduction to the region (-48.82%). The most severe reduction (-89.43%) was documented in the southeasternmost rural part of the region (the Municipality of Lovinac). This was due to emigration of the Serbian minority population, according to the 2001 Census (CBS, 2021).

Demographic estimates for the 2008–2017 period for the Republic of Croatia and its counties (CCE, 2021) show a further decrease in total population. The area of Lika-Senj County (-4.3%), together with three Slavonian counties (-13.2%), documented the largest decreases. The vital index of Croatia, as an indicator of extremely negative dynamics of demographic trends, is the lowest in Lika-Senj County (44.1). This fact, along with other unfavourable demographic elements such as a high age structure and declining share of population of fertile age, only confirm that unfavourable demographic trends will continue in to the foreseeable future. Generally speaking, reduction in the number of inhabitants and lifestyle changes in the form of abandoning traditional agriculture, i.e. extensification, gives rise to the process of natural succession and reforestation and changes in the landscape. However, within Central Lika as a whole, intra-regional differences in the intensity and nature of change processes were also identified. This primarily refers to the difference between the central area of the region around the urban settlement Gospić (the only large urban settlement in the research area), which has recorded positive demographic trends (2001–2011), compared

ski trend, u odnosu na ostala naselja administrativnog područja Grada Gospića (Čukman, 2018), kao i periferne dijelove regije. Međutim, projekcije također upućuju na to da je s obzirom na kontinuirani prirodni pad stanovništva i nepovoljnu dobnu strukturu (starenje stanovništva) i za Grad Gospić u budućim desetljećima realno očekivati značajan pad broja stanovnika, čak i do 20,2 % do 2031. godine (Čukman, 2018).

Glavno je istraživačko pitanje postoje li u promatranom tranzicijskom postsocijalističkom, ratnom i poratnom 32-godišnjem razdoblju zakonitosti u međudnosima strukturnih obilježja uzoraka pojedinih tipova krajolika i krajolika Srednje Like u cjelini te u kakvu su odnosu promjene strukturnih obilježja i procesi koji ih uzrokuju. Cilj je istraživanja stoga prostornom i dijakronijsko-procesnom analizom uz primjenu novorazvijenoga pokazatelja Indeksa Razvoja Krajolika (*di*) utvrditi procese razvoja i promjene strukturnih obilježja krajolika Srednje Like.

Osnovna je hipoteza utemeljena na povezanosti društvenih procesa, načina života i posljedičnoj promjeni krajolika. Polazi se od pretpostavke da je u promatranom višedesetljetnom razdoblju na prijelazu stoljeća te tranzicijskom postsocijalističkom i poratnom razdoblju došlo do značajne strukturne promjene krajolika, prije svega u vidu vegetacijske sukcesije, odnosno zarastanja nekadašnjih poljoprivrednih površina. Očekuje se da je upravo vegetacijska sukcesija po svojem intenzitetu dominantan proces. Smatra se da je proces vegetacijske sukcesije izravna posljedica depopulacije, starenja stanovništva i promjene načina života, tj. napuštanja poljoprivrede, kao u većem dijelu ruralnih, gorskih i marginalnih područja u postsocijalističkom i poratnom razdoblju. Najveće se promjene u krajoliku očekuju u području jedinoga većeg (gradskog) naselja – Gospića, gdje je dodatno izraženija promjena načina života od tradicionalnoga poljoprivrednog k urbanom.

## Teorijski okvir

Dijakronijska analiza (López-Estébanez i dr., 2012; Afrasinei i dr., 2015) općenito podrazumijeva usporedbu podataka najčešće za dvije vremenske točke. Osim pri istraživanju krajolika dijakronijska

to other settlements in the administrative territory of the Town of Gospić (Čukman, 2018), as well as peripheral parts of the region. However, projections also indicate that it is realistic to expect a significant decline in population in the coming decades — up to 20.2% by 2031 — considering the continuous natural decline of the population and the unfavourable age structure (population aging) for the Town of Gospić (Čukman, 2018).

The main research question is whether there are regularities in the interrelations between structural features of patches of individual types of landscapes and the landscape of Central Lika as a whole, and what is the interrelation between the changes in structural features and the processes that caused the changes, during the observed transitional post-socialist, war, and post-war period. The goal of the research is, therefore, to determine the processes of development and change of structural features of the landscape of Central Lika by using spatial and diachronic-process analysis, along with the application of a specially-developed Landscape Development Index (*di*).

The fundamental hypothesis is based on the connection between social processes, lifestyles, and consequent changes in the landscape. It relies on the assumption that significant structural changes in the landscape, primarily in the form of vegetation succession that has overgrown former agricultural land, occurred during the researched period. Vegetation succession is considered to be the dominant process in terms of its intensity. Also, it is considered to be a direct consequence of depopulation, population aging, and lifestyle changes, i.e. the abandonment of agriculture, as is common in Croatia's rural, mountainous, and marginal areas in the post-socialist and post-war period. The biggest changes in the landscape are expected to be found in the area of the only large (urban) settlement (Gospić) where the change of lifestyle from traditional to urban agricultural is especially pronounced.

## Theoretical background

A diachronic analysis (López-Estébanez et al. 2012; Afrasinei et al. 2015), generally involves comparing data for two time points. Apart from in landscape research, diachronic analysis is also

analiza rabi se i u drugim istraživanjima kod kojih se podrazumijeva komparativno istraživanje različitih pojava. Kao takva, često se nalazi i pod različitim nazivima, primjerice kao „komparativna analiza” ili „temporalna analiza” iako ona u tom slučaju ne mora implicitno uključivati vremenski raspon komparacije. Dijakronijske se analize općenito razlikuju prije svega po vremenskom rasponu istraživanja i, povezano s time, po vrsti podataka i metodama njihove analize.

Dijakronijska analiza razvoja krajolika u provedenim istraživanjima obuhvaća duže odnosno kraće razdoblje, pri čemu se koriste različite vrste podataka i metode njihove analize. Istraživanja koja se provode za dugo razdoblje (npr. duže od 250 godina) imaju ograničavajuće vrste podataka, koji se mogu analizirati samo korištenjem kombinacije specifičnih metoda. Tako su primjerice V. Van Eetvelde i M. Antrop (2009) na razini uzoraka krajolika za određene tipove krajolika Flandrije rabili različite prostorne GIS analize za duže razdoblje od više stoljeća (1775.–2000.). Primjere dugovremene dijakronijske analize u Hrvatskoj za sličan vremenski raspon, od sredine 18. do početka 21. stoljeća, nalazimo u istraživanjima promjena krajolika Južne Hrvatske (Fuerst-Bjeliš, 2003; 2020a; Fuerst-Bjeliš i dr. 2011; Čuka, 2011; Durbešić, 2012; Durbešić i Fuerst-Bjeliš, 2016; Blaće, 2015; 2019). Sva se ova istraživanja temelje na kombinaciji i usporedbi povijesnih katastarskih i suvremenih izvora i metodama prostornih GIS i statističkih metoda.

Rastući broj istraživanja koja analiziraju novije vrijeme i kraće razdoblje, od manje od jednoga desetljeća (Kladnik i dr., 2009; Olahová i dr., 2013) do nekoliko desetljeća (Gabrovec i Kladnik, 1997; Hamzić i dr., 2020; Hamzić i Fuerst-Bjeliš, 2021), uglavnom imaju na raspolaganju više vrsta podataka i analitičkih metoda. Promatrajući novija istraživanja u Hrvatskoj, može se reći da autori razvijaju pristup kombinacije metoda, na primjer korištenje matrice konfuzije i koeficijenta *kappa* zajedno s drugim kvantitativnim i kvalitativnim istraživačkim metodama u cilju utvrđivanja procesa i društvenoga konteksta do kojega je došlo u promatranom razdoblju (Cvitanović, 2014; Cvitanović i Fuerst-Bjeliš, 2018), kao i korištenje metoda daljinskih istraživanja i simulacijskoga modela za analizu i projekciju promjena zemljišnoga pokrova (Jogun i dr., 2017; 2019).

widely used in other studies which research multiple phenomena comparatively. As such, it is also commonly referred to by different terms, e.g. “comparative analysis” or “temporal analysis”, although in those cases it does not have to implicitly include the time span of the comparison. Diachronic analyses generally differ, according to the time span of the research as well as according to the type of data and methods of their analysis.

In studies similar to that carried out in this paper, diachronic analysis of landscape development typically covers a certain period of time using different types of data and methods of their analysis. Research conducted over a long period of time (e.g. longer than 250 years) has limited data types, which can only be analysed using a combination of specific methods. For instance, V. Van Eetvelde and M. Antrop (2009) used various spatial GIS analyses for a period of several centuries (1775–2000), at the level of landscape patches for certain types of landscapes in Flanders. Examples of long-term diachronic analyses in Croatia for a similar time span, from the mid-18<sup>th</sup> century to the beginning of the 21<sup>st</sup> century, can be found in studies of changes in the landscape of southern Croatia (Fuerst-Bjeliš, 2003; 2020a; Fuerst-Bjeliš et al., 2011; Čuka, 2011; Durbešić, 2012; Durbešić and Fuerst-Bjeliš, 2016; Blaće, 2015; 2019). All these studies were based on a combination and comparison of historical cadastral and contemporary sources, and spatial GIS and statistical methods.

The growing number of studies that analyse more recent and shorter time periods, from less than a decade (Kladnik et al., 2009; Olahová et al., 2013) to several decades (Gabrovec and Kladnik, 1997; Hamzić et al., 2020; Hamzić and Fuerst-Bjeliš, 2021), generally have more types of data and analytical methods available. If one looks at recent research in Croatia, authors are employing mixed method approaches, e.g. using a confusion matrix and *Kappa* coefficient together with other quantitative and qualitative research methods in order to assess processes and social context (Cvitanović, 2014; Cvitanović and Fuerst-Bjeliš, 2018), as well as using remote sensing methods and simulation models for the analysis and projection of land cover changes (Jogun et al., 2017; 2019).

Indeks se, kao statistička veličina i pokazatelj, općenito gledajući kao odnos dvaju brojeva odnosno veličina ili vrijednosti, često koristi u različitim istraživanjima promjena i trendova. Početkom stoljeća, osobito u prvom desetljeću, došlo je nagla uzleta istraživanja krajolika koji se temelje na nekoj vrsti „pokazatelja krajolika” ili „metrika krajolika”. Prema istraživanju Uuemaa i dr. (2009), od brojnih istraživačkih tematskih kategorija, većina istraživanja objavljenih u prvom desetljeću ovoga stoljeća odnosi se na analizu bioraznolikosti i stanja te procjenu uzoraka krajolika i njihova razvoja. U novije vrijeme mnoge su metrike integrirane u postojeći program geografskoga informacijskog sustava (npr. Patch Analyst u ArcView; Pattern u IDRISI).

U postojećim se istraživanjima mogu razlikovati dva osnovna pristupa – primjena općih indeksa razvoja krajolika i primjena posebnih indeksa za određenu pojavu. Kod općih indeksa na primjer Woodward i dr. (2001) te Krajewski i dr. (2017) koriste indeks promjene krajolika (LCI) koji se definira kao ukupna promjena vegetacije i načina korištenja zemljišta, izražena kao jedna vrijednost, dok Lowicki (2008) koristi indeks transformacije krajolika koji se definira kao omjer površine gdje prevladavaju prirodni procesi i površine gdje prevladavaju antropogeni procesi, također izražen kao jedna vrijednost. Kod zasebnih indeksa najčešća je primjena indeksa oblika uzorka, pojedinačno ili u kombinaciji s ostalim indeksima (Hulshoff, 1995; Steinhardt i dr., 1999; Gyenizse i dr., 2014), odnosno kao agregiranih indeksa u nekim istraživanjima (npr. Yang i dr., 2019). Korištenje indeksa u analizi krajolika može se također vidjeti u sasvim specifičnim analizama, primjerice u analizi utjecaja turističkih sadržaja na krajolik. Primjer je Landscape Load Index – LLI, koji se temelji na izračunu zasićenja krajolika kvadratnim (npr. hoteli, za koje se smatra da u jednoj zgradi okupljaju turističke objekte, te kojima je turizam jedina ili prevladavajuća funkcija), površinskim i linearnim elementima turističke infrastrukture (Żemła-Siesicka, 2020).

Indeks Razvoja Krajolika (*di*) koji je razvijen i korišten u ovom istraživanju definiran je kao indeks dobiven kao omjer pojedinačnih strukturnih obilježja (*oblik, položaj i stanje*, prikazani detaljno

An index is generally regarded as the ratio between two numbers/values, and is often used as a statistical variable and indicator in a wide range of studies of changes and trends. Since the beginning of the century, particularly in its first decade, there has been a sharp growth of landscape research based on various “landscape indices” or “landscape metrics”. Among a number of research topic categories, most of the studies published within the first decade of the century, according to the research conducted by Uuemaa et al. (2009), are on biodiversity and habitat analysis, and the evaluation of landscape patterns and changes therein. Recently, many metrics have also been integrated into existing geographic information system software (e.g. Patch Analyst in ArcView; Pattern in IDRISI).

Within the extensive body of research, two main approaches can be distinguished; the application of a general landscape development index and the application of singular specific indices for particular phenomena. Among general indices, Woodward et al. (2001) and Krajewski et al. (2017) used landscape change index (LCI), defined as the total change in vegetation and land use by one value; while Lowicki (2008) used an index of landscape transformation defined as (one value) ratio of area surface, where natural processes became dominant in an area where anthropogenic processes were previously dominant. Among individual indices, the most widely used is the patch shape index, either used alone or in combination with other indices (Hulshoff, 1995; Steinhardt et al., 1999; Gyenizse et al., 2014), or as aggregated indices in specific research (e.g. Yang et al., 2019). The use of an index in landscape analysis can be also seen in very specific analyses, e.g. in the analysis of the influence of tourist facilities on the landscape. In such a case, the Landscape Load Index – LLI is based on calculation of the saturation of landscape with cubature (e.g. hotels, understood as an association of tourist facilities gathered in one building, which have tourism as their sole or predominant function), area, and linear elements of tourist infrastructure (Żemła-Siesicka, 2020).

The Landscape Development Index (*di*) developed and used in this research is defined as a ratio-based index of each individual structural feature at the level of landscape patches for two time

u poglavlju *Definiranje tipova i strukturnih obilježja krajolika prema konceptu zemljišnoga pokrova/načina korištenja zemljišta*) na razini uzoraka krajolika u dvije vremenske točke kako bi se dobio uvid u intenzitet promjene te ranjivost krajolika na vanjske utjecaje.

## Izvori i metodologija

Pri određivanju tipova krajolika dva su osnovna pristupa: temeljem zemljišnoga pokrova/načina korištenja zemljišta (Land Use/Land Cover – LULC) i temeljem sinteze prirodnih i kulturnih obilježja korištenjem hijerarhijskoga pristupa (Dumbović Bilušić, 2015). U ovom je radu pri definiranju tipova krajolika Srednje Like korišten pristup koji se temelji na konceptu zemljišnoga pokrova/načina korištenja zemljišta (Jovanić, 2017; Hamzić i dr., 2020; Hamzić i Fuerst-Bjeliš, 2021). U tu svrhu korišteni su podatci baza podataka CORINE Land Cover za 1980. i 2012. (CLC 1980 i CLC 2012).<sup>3</sup>

Primjenom metoda prostornih analiza pomoću GIS tehnologije za obje promatrane godine (1980. i 2012.) analizirana su strukturna obilježja (*oblik, položaj, stanje*) uzoraka definiranih tipova krajolika Srednje Like kao i krajolik Srednje Like u cjelini.

Primijenjen je posebno razvijen pokazatelj – Indeks Razvoja Krajolika (*di*), koji označuje omjer rezultata svakoga pojedinog pokazatelja strukturnoga obilježja (*oblik, položaj, stanje*) za dvije vremenske točke. Cilj primjene pokazatelja (*di*) jest ponajprije mogućnost utvrđivanja intenziteta promjena, odnosno intenziteta razvoja pojedinoga obilježja prema tipovima krajolika (kao kategorije koja obuhvaća jednu ili više klasa podataka zemljišnoga pokrova) i krajolika u cjelini, što se ne može postići jednostavnom kartografskom ili numeričkom komparacijom dvaju stanja. Budući da pokazuje i intenzitet, a ne samo međudnos pojava, ovaj pokazatelj omogućuje kvalitetniju analizu i dublje razumijevanje procesa razvoja krajolika od standardnih komparativnih metoda.

<sup>3</sup> Istraživanje je trajalo nekoliko godina te je završeno prije nego što su podatci CORINE Land Cover za 2018. godinu bili dostupni. Podatci su dopunjeni i korigirani terenskim istraživanjem. S obzirom na to da promjene krajolika podliježu mnogo duljoj vremenskoj skali nego što je to nekoliko godina, razlika od nekoliko godina ne može bitno utjecati na dobivene rezultate.

points, integrated within GIS (*shape, position, condition*), as described in detail further in section *Defining landscape types and structural features according to the Land Use/Land Cover concept*), in order to determine the intensity of the change and the landscape's vulnerability to external influence.

## Sources and methodology

When determining landscape types, there are two basic approaches: based on the Land Use and Land Cover – LULC concept, and based on the synthesis of natural and cultural features using a hierarchical approach (Dumbović Bilušić, 2015). In this paper, an approach based on the concept of Land Use/Land Cover was applied in defining the types of landscapes of Central Lika (Jovanić, 2017; Hamzić et al., 2020; Hamzić and Fuerst-Bjeliš, 2021). For this purpose, data from the CORINE Land Cover (CLC) database for 1980 and 2012 were used (CLC 1980 and CLC 2012).<sup>3</sup>

Using the methods of GIS spatial analysis for each observed year (1980 and 2012), the structural features (*shape, position and condition*) of patches of defined landscape types of Central Lika, as well as the landscape of Central Lika as a whole, were analysed.

A specially-developed indicator was applied: the Landscape Development Index (*di*), which indicates the ratio of the results of each individual indicator of the structural features (*shape, position, condition*) for two time points. The goal of the application of the developed indicator (*di*) is primarily to determining the intensity of change, i.e. the intensity of the development of individual features according to landscape types (as a category consisting of one or more land cover classes) and landscape as a whole, which cannot be achieved by simple cartographic or numerical comparison of two conditions. This indicator allows for better analysis and deeper understanding of the process of landscape development than standard comparative methods, as it shows the intensity of the phenomena, not just their interrelation.

<sup>3</sup> The research was carried out over several years and was completed before CORINE Land Cover data for 2018 were available. The data were supplemented and corrected by field research. Considering that landscape changes are subject to a long time scale, a difference of a few years cannot substantially affect the results obtained.



Definiranje tipova i strukturnih obilježja krajolika prema konceptu zemljišnoga pokriva/načina korištenja zemljišta

Baze podataka CORINE Land Cover izrađuju se na europskoj razini u okviru projekta *Copernicus Land Monitoring Service*, dok je dio koji se odnosi na razinu Republike Hrvatske proizvod Hrvatske agencije za okoliš i prirodu (HAOP). Korištene baze podataka (CLC 1980 i CLC 2012) sastoje se od digitalnih podataka koji se odnose na dijelove krajolika (npr. pašnjak, jezero, autocesta, naselje i sl.), te su unutar baze podataka razvrstani u klase podataka. U radu su svi digitalni podatci navedenih baza podataka koji se odnose na područje Srednje Like definirani kao uzorci krajolika Srednje Like. Također, sve su klase podataka koje se odnose na područje Srednje Like za pojedine promatrane godine razvrstane u jedan od tipova krajolika za tu određenu godinu (npr. klase podataka *Bjelogorična šuma*, *Crnogorična šuma* i *Mješovita šuma* svrstane su u tip krajolika *Šumsko zemljište*). Stoga, svi su uzorci krajolika Srednje Like za određene godine svrstani u jedan od tipova krajolika Srednje Like. Pritom se nastojalo da uzorci unutar pojedinoga tipa budu što homogeniji s obzirom na njihova prirodno-geografska obilježja i društveno-geografske čimbenike razvoja krajolika koji su vidljivi u prostoru.

S obzirom na to da se standardni pristup izradi baze podataka CLC temelji na vizualnoj interpretaciji satelitskih snimaka prema prihvaćenoj CLC metodologiji, važno je napomenuti da u bazu podataka nisu uneseni svi dijelovi. Naime, temeljem CLC metodologije stvaraju se podatci u vektorskom modelu podataka u mjerilu 1:100 000. Pritom je minimalna širina 100 metara za linearne entitete (linije) i 25 ha za površinske entitete (poligone). Stoga zbog nezadovoljenja kriterija dovoljne koncentracije objekata u odnosu na rezoluciju rešetke kod tipa krajolika *Izgrađeno zemljište* nisu vidljiva manja naselja, a zbog nedovoljne širine objekta u odnosu na rešetku od prometnica je vidljiva samo autocesta, dok ostale nisu vidljive. Ipak, podatci navedene baze korišteni su kao činjenični te su kao takvi analizirani u radu.

Defining landscape types and structural features according to the Land Use/Land Cover concept

The CORINE Land Cover databases are created at the European level as part of the Copernicus Land Monitoring Service project, while databases related to the level of the Republic of Croatia are a product of the Croatian Environment and Nature Agency (CENA). The databases used (CLC 1980 and CLC 2012) consist of digital data that are related to parts of the landscape (e.g. pasture, lake, motorway, settlement, etc.) and are classified into data classes within the database. In this paper, all digital data of the indicated databases related to the area of Central Lika are defined as landscape patches of Central Lika. Also, all data classes related to the Central Lika area for both observed years are classified into one of the landscape types for that particular year (e.g. the data classes *Broad-leaved Forest*, *Coniferous Forest* and *Mixed Forest* are classified into the landscape type *Forestland*). Therefore, all patches of the Central Lika landscape for respective years are classified into one of the types of the Central Lika landscapes. The aim was to keep the patches within an individual type as homogeneous as possible with regard to their natural and geographical characteristics and socio-geographical factors of landscape development that are evident in the area.

Considering that the standard approach to CLC database creation is based on visual interpretation of satellite images according to accepted CLC methodology, it should be noted that not all parts are entered into the database. Namely, based on the CLC methodology, data are created in a vector data model at a scale of 1:100 000. The minimum width is 100 meters for linear entities (lines) and 25 ha for surface entities (polygons). Therefore, seeing as the criterion of sufficient concentrations of structures in relation to the resolution of the grid is not met, no smaller settlements are visible in *Built-up Land*, and due to insufficient width in relation to the grid, motorways are the only roads visible, while smaller, local roads are not. However, data provided by the database were taken as accurate and analysed as such.

Prema navedenom postupku na području Srednje Like prema podacima CLC baze za 1980. godinu evidentirano je 17 klasa podataka, koje su potom svrstane u sedam tipova krajolika. Prema podacima baze CLC za 2012. godinu evidentirano je 19 klasa podataka koje su svrstane u šest tipova krajolika.<sup>4</sup> Iz navedenoga je vidljivo kako za 1980. nisu evidentirane neke od klasa podataka koje su utvrđene za 2012. S druge strane, tip krajolika *Stjenovite površine* koji je utvrđen za 1980. nedostaje za 2012. Naime, ove su površine smanjene (površina je bila 0 ha) kao posljedica vegetacijske sukcesije. Stoga su ta područja u klasifikacijskoj shemi za 2012. klasificirana ponajviše unutar tipova krajolika: *Grmlje/sukcesija šume* te mnogo manje unutar tipova *Šumsko zemljište* i *Travnato zemljište*.

Za navedene dvije vremenske točke na prijelazu 20. u 21. stoljeće – 1980. i 2012. godinu detaljnije su analizirana strukturna obilježja (*oblik, položaj i stanje*) uzoraka definiranih tipova krajolika i krajolika Srednje Like u cjelini. Pritom je za svako analizirano obilježje korištena zasebna GIS metoda prostorne analize, uporabom osnovnoga programskog paketa ArcGIS Desktop verzije 10.0 proizvođača ESRI.

*Oblik* uzoraka krajolika u ovom radu upućuje na prosječnu vrijednost indeksa oblika (engl. Mean Shape Index, dalje u tekstu MSI). MSI je temeljen na metodi prostorne analize naziva Shape Index, a rezultat je njezine primjene numerička vrijednost indeksa oblika (minimalna, maksimalna i prosječna) svakoga promatranog skupa. Time MSI za obje promatrane godine (1980. i 2012.) mjeri prosječan oblik uzoraka svih tipova krajolika i uzoraka krajolika Srednje Like u cjelini. S obzirom na to da MSI

Accordingly, in the area of Central Lika, according to the CLC database for 1980, 17 data classes were recorded, which were then classified into seven types of landscape. According to data from the CLC database for 2012, 19 data classes were recorded and classified into six landscape types<sup>4</sup>. It can be seen from the above that some of the data classes determined for 2012 were not recorded for 1980. On the other hand, *Rocky Surfaces* that was determined for 1980 is missing for 2012 — its area was decreased (to 0 ha) due to vegetation succession. Therefore, in the classification scheme of 2012, those areas (formerly *Rocky Surfaces*) were classified mostly as *Scrub/forest succession*, and less as *Forestland* and *Grassland*.

For the two time points, 1980 and 2012, structural features (*shape, position and condition*) of the patches of defined landscape types and the landscape of Central Lika as a whole were analysed in more detail. A separate GIS method of spatial analysis was used for each analysed feature, and the basic software package, ArcGIS Desktop version 10.0 produced by ESRI, was used.

The *shape* of the landscape patch in this paper indicates the mean value of the shape index, i.e. Mean Shape Index (hereinafter MSI). MSI is based on the method of spatial analysis called the Shape Index, and the result of its application is the numerical value of the shape index (minimum, maximum, and average) of each observed set. In this way, the MSI for both observed years (1980 and 2012) measures the average shape of patches of all landscape types and landscape patches of Central Lika as a whole. Since MSI measures the deviation of the patch shape from

4 Nakon provedenoga postupka za 1980. godinu tip krajolika *Izgrađeno zemljište* sadrži tri klase podataka: *Nepovezana gradska područja; Industrijski ili komercijalni objekti; Mjesta eksploatacije mineralnih sirovina*. Za 2012. godinu tip krajolika *Izgrađeno zemljište* sadrži još dvije klase podataka: *Cestovna i željeznička mreža i pripadajuće zemljište; Gradilišta*. Tip krajolika *Travnato zemljište* za 1980. i 2012. sadrži dvije klase podataka: *Pašnjaci; Privodni travnjaci*. Tip krajolika *Poljoprivredno zemljište* za 1980. i 2012. sadrži tri klase podataka: *Nenavodnjavano obradivo zemljište; Mozaik poljoprivrednih površina; Pretežno poljoprivredno zemljište, sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokriva*. Tip krajolika *Šumsko zemljište* za 1980. i 2012. sadrži tri klase podataka: *Bjelogorična šuma; Crnogorična šuma; Mješovita šuma*. Tip krajolika *Grmlje i sukcesija šume* sadrži četiri klase podataka: *Kontinentalna grmolika vegetacija (vrištine, cretovi i niske šikare); Mediteranska grmolika vegetacija (sklerofilna); Sukcesija šume (zemljišta u zarastanju); Područja s oskudnom vegetacijom*. Za 1980. godinu tip krajolika *Vodne površine* sadrži jednu klasu podataka – *Vodna tijela*, dok za 2012. godinu sadrži još jednu klasu podataka – *Vodotoci*. Tip krajolika *Stjenovite površine* zabilježen je samo za 1980. godinu te sadrži jednu klasu podataka – *Gole stijene*.

4 After the procedure was carried out for 1980, *Built-up land* contained three data classes: *Discontinuous urban fabric; Industrial or commercial units*, and *Mineral extraction sites*. For 2012, the same landscape type had two additional data classes: *Road and rail networks and associated land* and *Construction sites*. *Grassland* had two data classes in 1980 and 2012: *Pastures* and *Natural grassland*. *Agricultural land* had three data classes for 1980 and 2012: *Non-irrigated arable land*, *Heterogeneous agricultural areas*, and *Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation*. *Forestland* had three data classes for 1980 and 2012: *Broad-leaved forest*, *Coniferous forest*, and *Mixed forest*. *Scrub/forest succession* had four data classes: *Continental scrub (moors and heathland)*, *Mediterranean scrub (sclerophyllous vegetation)*, *Transitional woodland-shrub*, and *Sparsely vegetated area*. For 1980, *Water areas* had one data class: *Water bodies*; while for 2012, another data class was added: *Water courses*. *Rocky surfaces* was only recorded in 1980 and contained one data class: *Bare rocks*.

mjeri odstupanje oblika uzorka od oblika kruga (Lang i Blaschke, 2010), odnosno geometrijsku složenost uzoraka pri čemu veće vrijednosti MSI-a označuju veću složenost uzoraka (Esbah, 2009), vrijednost MSI-a bliža vrijednosti jedan (1) označuje jednostavniji oblik promatranoga skupa uzoraka, tj. sličniji obliku kružnice, dok povećanje vrijednosti MSI-a označuje već složeniji oblik promatranoga skupa uzoraka (tab. 1). Tako uzorci oblika koridora te linearnoga, spiralnoga i složenoga oblika imaju veću vrijednost MSI-a od kompaktnih i zaobljenih uzoraka te uzoraka jednostavnoga oblika.

*Stanje* uzoraka krajolika dobiveno je temeljem brojanoga pokazatelja, odnosno indeksa površine jezgre (engl. Core Area Index, dalje u tekstu CAI) korištenjem svih uzoraka prema tipovima krajolika i krajolika Srednje Like u cjelini. Pri tome manje vrijednosti CAI-a označuju veće fragmentacije unutarnjih područja jer je površina jezgre uzoraka manja i obratno. CAI označuje omjer površine jezgre (engl. Core Area, dalje u tekstu CA) i ukupne površine svakoga promatranog skupa (zasebno svakog tipa krajolika, odnosno krajolika Srednje Like u cjelini). CA uzorka jest njegov središnji prostor koji nije pod vanjskim utjecajima, dakle označuje područje uzorka bez rubnoga dijela (u tehničkom smislu jednaka je opciji prikaza prema unutrašnjosti metode Buffer; tab. 1). Pritom je važno napomenuti da veličina rubnoga dijela, odnosno vanjskoga utjecaja prema jezgri uzorka ovisi o objektu istraživanja. Naime, riječ je o utvrđivanju efektivno korištenih površina u ovisnosti o kontekstu. U ovom je radu korištena udaljenost rubnoga dijela od 50 m za sve tipove krajolika i za krajolik Srednje Like u cjelini zbog razine generaliziranosti korištenih podataka (100 m, odnosno 25 ha) te svrhe rada. U drugim provedenim istraživanjima korištene su različite vrijednosti udaljenosti rubnoga dijela; T. E. Nupp i R. K. Swihart (2000) odredili su udaljenost od 50 m; Z. Túri (2010) 10 m; S. Lang i T. Blaschke (2010) određivali su udaljenost rubnoga dijela od 5 m, 10 m, 20 m, 35 m i 50 m.

Dodatno je promatrano *stanje* krajolika korištenjem pokazatelja: broja uzoraka (engl. Number of Patches, dalje u tekstu NOP), površine (engl. Surface Area, dalje u tekstu SA) i prosječne površine uzoraka (engl. Average Surface Area, dalje u tekstu ASA).

the shape of a circle (Lang and Blaschke, 2010), i.e. the geometric complexity of the patches, where higher MSI values indicate higher patch complexity (Esbah, 2009), an MSI value closer to one (1) indicates a shape closer to a circle (Tab. 1). This means that corridor-shaped and linear, spiral, and complex-shaped patches have a higher MSI value than compact, rounded, and simple-shaped patches.

The *condition* of landscape patches was obtained on the basis of a numerical indicator, the Core Area Index (hereinafter CAI), using all patches according to landscape types and the landscape of Central Lika as a whole. In this case, lower CAI values indicate greater fragmentation of internal areas, because the surface area of the core of the patches is smaller, and vice versa. CAI indicates the ratio of the core area (hereinafter CA) and the total area of each observed set (each separate landscape type, and landscape of Central Lika as a whole). The CAI of the patch is the central area that is not under external influences, so it indicates the area of the patch without the edge area (considered to be equal to the inward depiction option of the Buffer spatial analysis method; Tab. 1). It should be noted that the size of the edge area, i.e. of the external influence on the core of the patch, depends on the object of research. Namely, the effectively-used areas are determined depending on the context. In this paper, a distance of 50 m for edge areas was used for all types of landscapes and for the landscape of Central Lika as a whole due to the level of generalization of the data (100 m, i.e. 25 ha). In other studies, different values were used for the distance of the edge area; T. E. Nupp and R. K. Swihart (2000) determined a distance of 50 m; Z. Túri (2010) used 10 m; S. Lang and T. Blaschke (2010) determined distances of the edge area of 5 m, 10 m, 20 m, 35 m, and 50 m.

As an addition, the *condition* of landscape patches was analysed also according to indicators: Number of Patches (hereinafter NOP), Surface Area (hereinafter SA), and Average Surface Area (hereinafter ASA).

Tab. 1. Pregled primijenjenih metoda  
Tab. 1 Applied methods review

Naziv metode u radu Method name in the paper	Naziv metode na kojoj se temelji Name of the method that it is based on	Fomula/sintaksa Formula/syntax	Objašnjenje i/ili izvor Explanation and/or source
Mean Shape Index (MSI)	Mean Shape Index (MSI)	$MSI = \frac{P}{2\sqrt{\pi a}}$	p – opseg uzoraka / circumference of patch a – površina uzoraka / surface area of patch (Lang i Blaschke, 2010)
Core Area Index (CAI)	Buffer	Buffer_analysis (in_features, out_feature_class, buffer_distance_or_field, {line_side} {line_end_type}, {dissolve_option}, {dissolve_field}, {method})	(ESRI, 2021)
Average Nearest Neighbor (ANN)	Average Nearest Neighbor (Spatial Statistics)	$ANN = \frac{\bar{D}_O}{\bar{D}_E}$ $\bar{D}_O = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$ $\bar{D}_E = \frac{0,5}{\sqrt{n/A}}$ $z_{ANN} = \frac{\bar{D}_O - \bar{D}_E}{SE}$ $SE = \frac{0,26136}{\sqrt{n^2/A}}$	<p><math>\bar{D}_O</math> – uočena srednja udaljenost između svakog uzorka i najbližeg susjednog / observed mean distance between each feature and their nearest neighbor)</p> <p><math>\bar{D}_E</math> - očekivana srednja udaljenost za nasumične uzorke / expected mean distance for the feature given a random pattern</p> <p><math>d_i</math> – udaljenost između uzorka <math>i</math> i najbližeg susjednog / equals the distance between feature <math>i</math> and its nearest feature)</p> <p>n – ukupan broj uzoraka / total number of features</p> <p>A – područje istraživanja / total study area)</p> <p><math>z_{ANN}</math> – z-vrijednost za Average Nearest Neighbor / z-score for Average Nearest Neighbor (ESRI, 2020)</p>

*Položaj* uzoraka krajolika analiziran je prema prosječnom indeksu susjednosti korištenjem GIS metode prostorne analize naziva Average Nearest Neighbour (Spatial Statistics), dalje u tekstu Average Nearest Neighbour. U istraživanju je korištena opcija spomenute metode prema kojoj se uzorci krajolika pretvaraju u točke, odnosno centroide, te se potom mjeri prosjek svih izmjerenih vrijednosti udaljenosti između lokacije centroida svakoga uzorka i lokacije najbližega susjednog centroida (ESRI, 2020). Rezultat primjene ove metode su vrijednosti omjera najbliže udaljenosti (engl. Nearest Neighbour Ratio),<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Vrijednosti omjera najbliže vrijednosti (engl. Nearest Neighbour Ratio) korištene su dalje u istraživanju te su rezultati prikazani u poglavlju *Dijakronijsko-procesna analiza uzoraka krajolika Srednje Like za razdoblje 1980. – 2012.*

The *position* of landscape patches was analysed according to the Average Nearest Neighbour index. For this purpose, the Average Nearest Neighbour (Spatial Statistics) GIS method of spatial analysis was used, hereinafter referred to as Average Nearest Neighbour. The study used the Average Nearest Neighbour, according to which landscape patches are converted into points, i.e. centroids, and then the average of all measured values of the distance between the centroid location of each patch and the location of the nearest neighbouring centroid is measured (ESRI, 2020). The result of the application of this method are the values of Nearest Neighbour Ratio<sup>5</sup>, the z-value and the p-value-

<sup>5</sup> The values of the Nearest Neighbor Ratio were used further in the

z-vrijednost i p-vrijednost, među ostalima (tab. 1).<sup>6</sup> Ako je vrijednost omjera najbliže udaljenosti manja od vrijednosti jedan (1), ona upućuje na grupiranje, a ako je veća od vrijednosti jedan (1), upućuje na raspršivanje/fragmentaciju uzoraka krajolika. U ovom je istraživanju analiza susjedstva provedena s vektorskim podacima na svim uzorcima tipova krajolika te za krajolik Srednje Like u cjelini u svrhu utvrđivanja prosječne udaljenosti svakoga od promatranih uzoraka krajolika prema najbližem susjednom, za razliku od pojedinih prethodnih istraživanja (npr. Pahernik, 2000; 2012; Faivre i Pahernik, 2007), u kojima je analiza provedena s rasterskim modelom podataka pri analizi jednog oblika krajolika (ponikve).

### Dijakronijsko-procesna analiza uz primjenu Indeksa Razvoja Krajolika (*di*)

Brojna su istraživanja koja primjenom GIS metoda prostornih analiza uspoređuju rezultate za uzorke ili (pod)tipove krajolika, za dva ili više vremenskih intervala, kako je prethodno navedeno. Indeks Razvoja Krajolika (*di*) razvijen je i primijenjen u prikazanom istraživanju s ciljem utvrđivanja procesa promjene i razvoja krajolika u promatranom razdoblju.

Odnosi se na omjer vrijednosti istoga pojedinoga promatranog pokazatelja (npr. MSI, CAI, odnosno Average Nearest Neighbour) za obje promatrane godine (2012. i 1980.), a dobiva se općenitim izrazom:

$$di = a/b * 100,00; 0,00 < di < \infty$$

a = vrijednost pojedinoga pokazatelja za 2012.

b = vrijednost pojedinoga pokazatelja za 1980.

Ako su dobivene vrijednosti određenoga Indeksa Razvoja Krajolika (*di*) veće od 100,00, upućuju na povećanje vrijednosti određenoga pokazatelja za 2012. u odnosu na 1980. S druge strane, ako su dobivene vrijednosti indeksa razvoja manje od 100,00, upućuju na smanjenje vrijednosti proma-

mong others (Tab. 1)<sup>6</sup>. If the value of the Nearest Neighbour Ratio is less than one (1), it indicates grouping; and if it is greater than one (1), it indicates the dispersion/fragmentation of landscape patches. In this study, the analysis of the nearest neighbours was carried out with vector data on all patches of landscape types and for the landscape of Central Lika as a whole, in order to determine the average distance of the observed landscape patches to the nearest neighbour. This differs from some previous studies (e.g. Pahernik, 2000; 2012; Faivre and Pahernik, 2007), in which the analysis was carried out with a raster data model when analysing a single landscape shape (dolines).

### Diachronic-process analysis with the application of the Landscape Development Index (*di*)

There are numerous studies that use GIS methods of spatial analysis to compare the results for patches or (sub)types of landscapes, for two or more time intervals, as indicated above. The Landscape Development Index (*di*) was developed within the scope of this research and applied with the aim of determining the processes of change and the development of the landscape in the observed period.

It refers to the ratio of the values of individual indicators (e.g. MSI, CAI, or Average Nearest Neighbour) for both observed years (2012 and 1980), and is obtained with the following general formula:

$$di = a/b * 100,00; 0.00 < di < \infty$$

a = value of relevant indicator for 2012

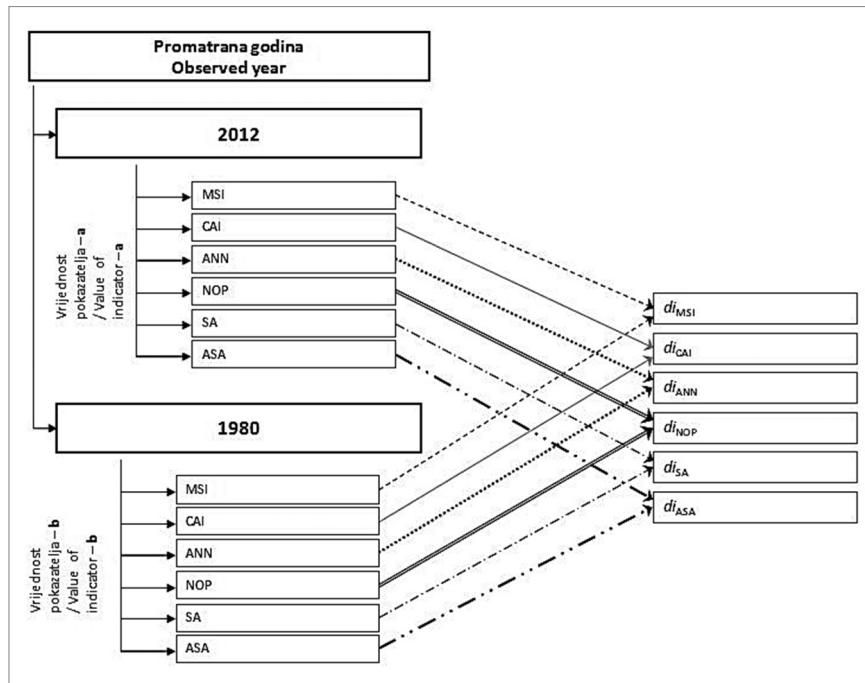
b = value of relevant indicator for 1980

If the obtained values of the particular Landscape Development Index (*di*) are higher than 100.00, they indicate an increase in the value of a given indicator for 2012 compared to 1980. On the other hand, if the obtained

research and the results are presented in section *Diachronic-process analysis of landscape patches of Central Lika for the 1980–2012 period*

<sup>6</sup> Vrijednosti pokazatelja p-vrijednost označuju razlikuje li se statistički značajno promatrana pojava od slučajne. Ako p-vrijednost iznosi manje od granične vrijednosti (0,05), ti rezultati se razlikuju od slučajnih te su uvršteni u provedenu analizu u radu.

<sup>6</sup> The values of the p-value indicator indicate whether the observed phenomenon differs from the random one. If the p-value is less than the threshold value (0.05), these results differ from the random ones and are included in the analysis performed in the paper.



Sl. 2. Konceptualni model  
Indeksa Razvoja Krajolika ( $di$ )  
Fig. 2 Conceptual model of  
the Landscape Development  
Index ( $di$ )

tranoga pokazatelja za 2012. u odnosu na 1980. Razvijeni i primijenjeni Indeks Razvoja Krajolika ( $di$ ) nije sintetički, jedinstveni ili agregirani pokazatelj, već se računa za svaki pokazatelj posebno (sl. 2) te se zbog toga suštinski razlikuje od općih pokazatelja krajolika koji agregiraju cjelokupnu promjenu krajolika u jednu vrijednost (npr. LCI prema istraživanju Woodward i dr., 2001 te prema Krajewski i dr., 2017) ili onih koji kombiniraju brojna obilježja u specifični indeks, kao što je npr. LLI (Žemła-Siesicka, 2020). Prednost njegove primjene u dijakronijsko-procesnoj analizi jest da je moguće očitati smjer (+/-) i intenzitet svakoga zasebno promatrana obilježja.

## Rezultati

Rezultati provedenoga istraživanja sastoje se od nekoliko povezanih dijelova. Jedan se dio odnosi na definiranje tipova krajolika za svaku od dviju vremenskih točaka, tj. promatranih godina na prijelazu 20. u 21. stoljeće (1980. i 2012.) (Hamzić i dr., 2020; Hamzić i Fuerst-Bjeliš, 2021), što je polazište za prikazanu daljnju analizu. Drugi dio su određena strukturalna obilježja (*oblik, položaj i stanje*) uzoraka krajolika Srednje Like za svaku promatranu godinu

values of the Landscape Development Index ( $di$ ) are less than 100.00, they indicate a decrease in the value of the observed indicator for 2012 compared to 1980. The developed and applied Landscape Development Index ( $di$ ) is not a single synthetic, unique, or aggregated indicator, rather it is calculated for each indicator separately (Fig. 2); therefore, it differs substantially from general landscape indices which aggregate all landscape change into a single value, (e.g. LCI by Woodward et al., 2001; and Krajewski et al., 2017) or combine a number of features into specific index, such as LLI (Žemła-Siesicka, 2020). The advantage of our index in the diachronic-process landscape analysis is that it is possible to read the direction (+/-) and the intensity of separately-observed features.

## Results

The results of the research carried out consist of several related parts. One part refers to definition of landscape types for each of the two time points, i.e. the two observed years (1980 and 2012) (Hamzić et al., 2020; Hamzić and Fuerst-Bjeliš, 2021), providing the basis for the remainder of the research. The second part refers, for each observed year, to structural features (*shape, position and condition*) of landscape patches of Central Lika as well as for the landscape of Central Lika as a whole,

prema prethodno definiranim tipovima krajolika kao i za krajolik Srednje Like u cjelini. Dijakronijsko-procesna analiza provedena je primjenom pokazatelja Indeksa Razvoja Krajolika (*di*). Sinteza rezultata provedenih analiza za promatrane godine 1980. i 2012. omogućila je donošenje zaključaka o procesima razvoja strukturnih obilježja krajolika Srednje Like na prijelazu stoljeća.

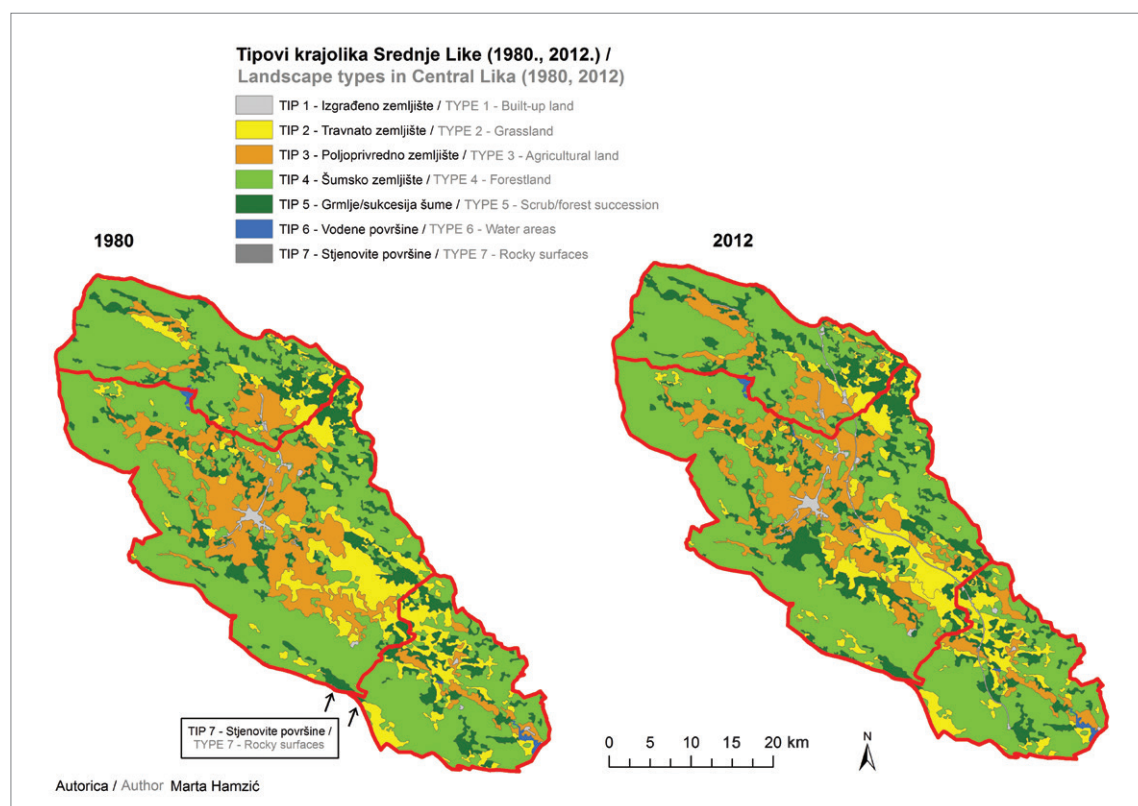
### Tipovi krajolika Srednje Like za 1980. i 2012. godinu

Za područje Srednje Like za dvije promatrane godine – 1980. i 2012. definirani su tipovi krajolika, kako je prethodno prikazano (u poglavlju *Definiranje tipova i strukturnih obilježja krajolika prema konceptu zemljišnoga pokrova/načina korištenja zemljišta*). Za 1980. godinu područje Srednje Like određeno je u sedam tipova krajolika (sl. 3) s odgovarajućim površinskim udjelima: *Izgrađeno zemlji-*

according to previously-defined types of landscapes. The diachronic-process analysis was carried out along with the application of the Landscape Development Index (*di*). The synthesis of the results of the analyses carried out for the observed years of 1980 and 2012 enabled conclusions to be drawn regarding the development processes of structural features of the landscape of Central Lika around the turn of the 21<sup>st</sup> century.

### Types of landscapes of Central Lika for 1980 and 2012

For the area of Central Lika for the two observed years, landscape types were defined as indicated in section *Defining landscape types and structural features according to the Land Use/Land Cover concept*. For 1980, the area of Central Lika was divided into seven types of landscapes (Fig. 3) with corresponding surface shares: *Built-up Land* (0.72%), *Grassland* (13.39%), *Agricultur-*



Sl. 3. Usporedni prikaz tipova krajolika Srednje Like za 1980. i 2012. godinu  
Fig. 3. Comparative overview of landscape types of Central Lika for 1980 and 2012

Napomena: Strjeljice (dolje lijevo) upućuju na položaj tipa krajolika Stjenovite površine koji je zbog male površine teže uočljiv.  
Note: The arrows (bottom left) show the position of Rocky surfaces landscape type patches, which are smaller and less visible.

šte (0,72 %), *Travnato zemljište* (13,39 %), *Poljoprivredno zemljište* (16,59 %), *Šumsko zemljište* (55,05 %), *Grmlje/sukcesija šume* (13,81 %), *Vodene površine* (0,41 %) i *Stjenovite površine* (0,03 %).

Prema istom postupku određeni su i tipovi krajolika za 2012. s odgovarajućim površinskim udjelima. Tako je za 2012. godinu definirano šest tipova krajolika: *Izgrađeno zemljište* (1,29 %), *Travnato zemljište* (11,52 %), *Poljoprivredno zemljište* (15,45 %), *Šumsko zemljište* (56,62 %), *Grmlje/sukcesija šume* (14,63 %) i *Vodene površine* (0,48 %).

Tip krajolika *Stjenovite površine* utvrđen je za 1980. godinu, međutim uklonjen je iz klasifikacijske sheme za 2012. jer su za ta područja evidentirani tipovi krajolika: *Grmlje/sukcesija šume* te manje površine *Šumsko zemljište* i *Travnato zemljište* kao posljedica vegetacijske sukcesije. S druge strane, jedan od najvažnijih objekata u tipu *Izgrađeno zemljišta* koji nije evidentiran 1980., već samo 2012. odnosi se na dionicu autoceste Zagreb – Split, izgrađenu u međuvremenu.

Osnovna prostorna analiza tipova pokazala je da se tipovi krajolika *Izgrađeno zemljište*, *Travnato zemljište* i *Poljoprivredno zemljište* pretežno nalaze bliže središnjem dijelu i u blizini najznačajnijega (gradskog) naselja Gospića, dok se, s druge strane, *Šumsko zemljište* nalazi u rubnim dijelovima područja istraživanja. *Grmlje/sukcesija šume* pretežno se nalazi u prijelaznom pojasu travnatoga i šumskoga zemljišta.

#### Dijakronijsko-procesna analiza uzoraka krajolika Srednje Like za razdoblje 1980. – 2012.

Preduvjet za provedbu dijakronijsko-procesne analize uzoraka krajolika Srednje Like za razdoblje 1980. – 2012. jest utvrđivanje strukturnih obilježja uzoraka krajolika (*oblik, položaj i stanje*) metodom prostorne analize (objašnjeno u poglavlju *Definiranje tipova i strukturnih obilježja krajolika prema konceptu zemljišnoga pokrova/načina korištenja zemljišta*) za svaku pojedinu vremensku točku, odnosno godinu. Temeljem ovih podataka dijakronijsko-procesnom analizom uz primjenu Indeksa Razvoja Krajolika (*di*) (opisan u poglavlju *Dijakronijsko-procesna analiza uz primjenu Indeksa Razvoja Krajolika (di)*) za svaki od pojedinih pokazatelja uočavaju se i

*al Land* (16.59%), *Forestland* (55.05%), *Scrub/forest succession* (13.81%), *Water Areas* (0.41 %), and *Rocky Surfaces* (0.03 %).

According to the same procedure, the types of landscapes for 2012 were determined with corresponding surface shares. The following six types of landscapes were defined for 2012: *Built-up Land* (1.29%), *Grassland* (11.52%), *Agricultural Land* (15.45%), *Forestland* (56.62%), *Scrub/forest succession* (14.63%), and *Water Areas* (0.48%).

*Rocky Surfaces* was recorded for 1980, but it was not in the classification scheme for 2012; these areas were classified mostly as *Scrub/forest succession*, and as *Forest land* and *Grassland* to a lesser extent, as a consequence of the process of vegetation succession. On the other hand, one of the most significant structures in the *Built-up Land* type that was not recorded in 1980, but was recorded in 2012, refers to a section of the Zagreb-Split motorway, which was built in the meantime.

The basic spatial analysis of the types showed that the landscape types *Built-up Land*, *Grassland*, and *Agricultural Land* are mostly closer to the core area and near the most important (urban) settlement (Gospić); while, on the other hand, the type *Forestland* is located on the periphery of the research area. *Scrub/forest succession* is predominantly located in the transition zone between grassland and forestland.

#### Diachronic-process analysis of landscape patches of Central Lika for the 1980–2012 period

The prerequisite for the implementation of a diachronic-process analysis of landscape patches of Central Lika for the 1980–2012 period was to determine the structural features of the landscape patches (*shape, position and condition*) with the chosen method of spatial analysis (explained in section *Defining landscape types and structural features according to the Land Use/Land Cover concept*) for each individual time point, i.e. year. Based on these data, changes in the structural features and processes that occurred within the defined time span of 32 years were observed and determined, via diachronic-process analysis using the Landscape Development Index (*di*)



Tab. 2. Rezultati dijakronijsko-procesne analize uzoraka krajolika Srednje Like u razdoblju 1980. – 2012.  
Tab. 2 Diachronic-process analysis of landscape patches in Central Lika for the 1980–2012 period

OBILJEŽJE UZORAKA / Naziv metode / Naziv parametra CHARACTERISTICS OF PATCHES / Method name / Parameter name		TIP KRAJOLIKA / LANDSCAPE TYPE						SREDNJA LIKA UKUPNO / CENTRAL LIKA SUM	
		TIP 1 - Izgrađeno zemljište / TYPE 1 - Built-up land	TIP 2 - Travnato zemljište / TYPE 2 - Grassland	TIP 3 - Poljoprivredno zemljište / TYPE 3 - Agricultural land	TIP 4 - Šumsko zemljište / TYPE 4 - Forestland	TIP 5 - Grmlje/sukcesija šume / TYPE 5 - Scrub/Forest succession	TIP 6 - Vodene površine / TYPE 6 - Water areas		
OBLIK UZORAKA / SHAPE OF PATCHES									
Shape Index	Prosječni indeks oblika / Mean Shape Index, MSI	133,02	101,92	97,17	102,40	100,73	124,14	101,86	
POLOŽAJ UZORAKA / POSITION OF PATCHES									
Average Nearest Neighbour (Spatial Statistics)	Omjer najbliže udaljenosti / Nearest Neighbour Ratio, ANN	117,70	104,49	91,36	97,75	98,00	40,88	102,20	
	p-vrijednost / p-value	1980.	0,3606	0,0457	0,0002	0,0179	0,9743	0,0000	0,0003
		2012.	0,0087	0,2001	0,0000	0,0038	0,6427	0,0000	0,0012
STANJE UZORAKA / CONDITION OF PATCHES									
	Broj uzoraka / Number of patches, NOP	130,77	112,50	125,49	104,96	98,03	133,33	109,17	
	Površina (km <sup>2</sup> ) / Surface area, SA, km <sup>2</sup>	179,18	89,80	95,02	100,24	110,59	114,33	100,00	
	Prosječna površina uzorka (km <sup>2</sup> ) / Average surface area, ASA, km <sup>2</sup>	137,63	79,77	75,64	95,45	112,34	86,09	91,76	
Core Area	Površina jezgre / Core Area	134,46	87,61	92,44	99,95	112,41	103,91	98,87	
	Indeks površine jezgre / Core Area Index, CAI	75,03	97,57	97,28	99,71	101,65	90,88	98,86	

Napomena: polja označena sivom bojom odnose se na indekse razvoja pri kojima su p-vrijednosti za obje promatrane godine (1980. i 2012.) ispod granične 0,05 i time su statistički značajni. Tip krajolika *Stjenovite površine* nije uvršten u tablicu jer je registriran samo 1980. godine.

Note: the fields marked in grey refer to development indices where the p-values for both observed years (1980 and 2012) were below the threshold value of 0.05, which makes them statistically significant. Rocky Surfaces is not included in the table because it was registered only for 1980.

utvrđuju promjene strukturnih obilježja i procesi do kojih je došlo unutar tako određena vremenskoga raspona od 32 godine (tab. 2).

Kod tipa krajolika *Izgrađeno zemljište* u promatranom je razdoblju (1980. – 2012.) povećan broj uzoraka s 13 na 17 ( $di_{NOP} = 130,77$ ) kao i njihova ukupna površina ( $di_{SA} = 179,18$ ). Povećan je i prosječni indeks oblika (MSI) s 3,15 na 4,19 ( $di_{MSI} = 133,02$ ), a smanjen indeks površine jezgre (CAI) s 58,52 % na 43,91 % ( $di_{CAI} = 75,03$ ). To znači da

(described in section *Diachronic-process analysis with the application of the Landscape Development Index (di)*), for each of the individual indicators (Tab. 2).

For *Built-up Land*, the number of patches increased from 13 to 17 ( $di_{NOP} = 130.77$ ) and their total surface area increased ( $di_{SA} = 179.18$ ), in the observed period (1980–2012). The Mean Shape Index (MSI) also increased from 3.15 to 4.19 ( $di_{MSI} = 133.02$ ), while the Core Area Index (CAI) decreased from 58.52% to 43.91% ( $di_{CAI} = 75.03$ ). This means that its

Primjena prostorne i dijakronijsko-procesne analize razvoja krajolika na području Srednje Like (Hrvatska) od 1980. do 2012.

Application of spatial- and diachronic-process analysis of landscape development in Central Lika, Croatia from 1980 to 2012

se povećala njegova kompleksnost, odnosno izduženost oblika. Naime, u promatranom razdoblju evidentirana je izgradnja autoceste i pripadajućih objekata uz nju te izgradnja novih poduzetničkih zona. Također je povećana površina eksploatacijskih područja, a zbog porasta broja stanovnika u novoizgrađenim poduzetničkim i stambenim zonama koje ih prate i izgrađenost gradskoga područja Gospića. Rezultati pokazatelja Average Nearest Neighbour za 2012. upućuju na raspršenost ovoga tipa krajolika koja je izražena prosječno velikom udaljenošću središta susjednih uzoraka. Indeks Razvoja Krajolika ( $di_{ANN} = 117,70$ )<sup>7</sup> upućuje na rastući proces povećanja raspršenosti *Izgrađenog zemljišta* u promatranom razdoblju.

U promatranom razdoblju također je povećan broj uzoraka tipa krajolika *Travnato zemljište* s 88 na 99 ( $di_{NOP} = 112,50$ ), a kako je njegova ukupna površina istodobno smanjena ( $di_{SA} = 89,80$ ), to znači da je došlo do znatna usitnjavanja uzoraka ( $di_{ASA} = 79,77$ ). Detaljnija provedena analiza (Jovanić, 2017) pokazuje smanjenje pašnjačkih površina ( $di_{SA} = 74,32$ ), što upućuje na smanjenje udjela stočarstva u poljoprivredi. Međutim, s druge je strane utvrđeno povećanje površine pod prirodnim travnjacima ( $di_{SA} = 179,95$ ), što pak upućuje istodobno i na smanjenje ratarstva. Pritom se, naime, na ranije obradivom zemljištu pojavljuje nisko raslinje, odnosno prirodni travnjaci, što je prva faza vegetacijske sukcesije koja nastupa napuštanjem poljoprivrede.

Tip krajolika *Travnato zemljište* u 1980. obilježen je grupiranim položajem uzoraka, međutim indeks razvoja ( $di$ ) vrijednosti  $di_{ANN} = 104,49$  za pokazatelj Average Nearest Neighbour Ratio<sup>8</sup> pokazuje da je u promatranom 32-godišnjem razdoblju došlo do njegove fragmentacije/raspršivanja u prostoru.

Kod tipa krajolika *Travnato zemljište* neznatno je povećan prosječni indeks oblika MSI ( $di_{MSI} = 101,92$ ), a smanjen indeks površine jezgre CAI ( $di_{CAI} = 97,57$ ), što znači da je u promatranom razdoblju, uslijed navedene fragmentacije, došlo

<sup>7</sup> Za 1980. p-vrijednost veća je od granične (0,05) te se ne razlikuje od slučajne i ne analizira se dalje u radu.

<sup>8</sup> Za 2012. p-vrijednost veća je od granične (0,05), što upućuje da pojava nije statistički značajna te se ne analizira dalje u radu.

complexity, i.e. elongated shape, became more pronounced. Namely, in the observed period, the construction of the motorway and its associated facilities was recorded, as well as the construction of new business zones. Also, the surface area of exploitation areas has increased and, due to the increase in the number of inhabitants in the newly-built business and residential zones that accompany them, the construction development levels of the area of the Town of Gospić have increased. The results of the Average Nearest Neighbour indicator for 2012 indicate the dispersion of this type of landscape, which is expressed through the average distance of the centres of nearest patches. The Landscape Development Index ( $di_{ANN} = 117,70$ )<sup>7</sup> indicates a growing process of dispersion of *Built-up Land* in the observed period.

In the observed period, the number of patches of *Grassland* also increased, from 88 to 99 ( $di_{NOP} = 112,50$ ), and since the total surface area of *Grassland* simultaneously reduced ( $di_{SA} = 89,80$ ), a significant fragmentation of the patches occurred ( $di_{ASA} = 79,77$ ). A more detailed analysis (Jovanić, 2017) showed a decrease in pasture areas ( $di_{SA} = 74,32$ ), which indicates a decrease in the share of animal husbandry in agriculture. Moreover, an increase in the area of natural grasslands ( $di_{SA} = 179,95$ ) was found, which also indicates a decrease in farming. Namely, low vegetation, i.e. natural grasslands, appeared on previously arable land, which represents the first stage of vegetation succession following abandonment of agriculture.

In 1980, patches of *Grassland* were grouped, but the value of the Landscape Development Index ( $di$ ) of  $di_{ANN} = 104,49$  for the Average Nearest Neighbour Ratio<sup>8</sup> shows that a fragmentation/dispersion occurred in the observed 32-year period.

For *Grassland*, the average MSI increased slightly ( $di_{MSI} = 101,92$ ) and the CAI decreased ( $di_{CAI} = 97,57$ ) in the observed period, which means that there was a slight increase in patch complexity due to fragmentation. This also increases the external

<sup>7</sup> For 1980, the p-value is higher than the threshold value (0.05) and does not differ from the random value. Therefore, this is not analysed further in the paper.

<sup>8</sup> For 2012, the p-value is higher than the threshold value (0.05), which indicates that the phenomenon is not statistically significant and is not analysed further in the paper.

do blaga povećanja kompleksnosti uzoraka. Time se ujedno povećavaju vanjski utjecaji zbog povećanja rubnoga dijela uzoraka krajolika. Ipak, za ovaj tip krajolika u objema promatranim godinama vrijednost CAI-a jedna je od najvećih (CAI = 81,10 % za 1980.; CAI = 79,13 % za 2012.), a vrijednost MSI-a jedna od najmanjih (MSI = 2,61 za 1980. i MSI = 2,66 za 2012.), što upućuje na relativno nizak stupanj kompleksnosti oblika uzoraka. Štoviše, prosječno su jednostavnijega oblika samo uzorci tipa krajolika *Šumsko zemljište*.

Tip krajolika *Poljoprivredno zemljište* jednako kao i *Travnato zemljište* u promatranom razdoblju bilježi povećanje broja uzoraka sa 102 na 128 ( $di_{NOP} = 125,49$ ) uz smanjenje ukupne površine ( $di_{SA} = 95,02$ ), što je najizrazitiji proces usitnjavanja uzoraka krajolika ( $di_{ASA} = 75,64$ ). Napuštanje ratarstva kao tradicionalne djelatnosti stanovništva u promatranom periodu u prostoru se manifestira smanjenjem obradivih površina općenito ali istodobno grupiranjem obrađenih zemljišta bolje kvalitete i bliže naseljima. To potvrđuju vrijednosti ostalih analiziranih pokazatelja. Primjerice, indeks razvoja ( $di$ ) od  $di_{ANN} = 91,35$  za pokazatelj Average Nearest Neighbour Ratio upućuje na jačanje procesa grupiranja poljoprivrednoga zemljišta u promatranom razdoblju.

Iako su vrijednosti MSI-a i CAI-a najčešće suprotnih vrijednosti (i razvoja), jedino je kod ovoga tipa krajolika došlo do smanjenja vrijednosti obaju promatranih pokazatelja. Smanjeni prosječni indeks oblika ( $di_{MSI} = 97,17$ ) upućuje na povećanje uzoraka krajolika prosječno jednostavnijih oblika, a smanjeni indeks površine jezgre ( $di_{CAI} = 97,28$ ) upućuje na smanjenje površina jezgre i povećanje rubnoga dijela uzorka koji je pod vanjskim utjecajima, što je posljedica navedenoga izrazitog procesa usitnjavanja poljoprivrednoga zemljišta.

Kako je Srednja Lika rijetko naseljeno, pretežno gorsko područje, najrasprostranjeniji je tip krajolika *Šumsko zemljište* te zauzima više od polovice površine područja. U promatranom razdoblju zabilježeno je povećanje broja uzoraka sa 121 na 127 ( $di_{NOP} = 104,96$ ), a kako je ukupna površina ostala približno jednaka ( $di_{SA} = 100,24$ ), bilježi se slabije izraženo usitnjavanje uzoraka ( $di_{SA} = 95,45$ ). U objema promatranim godinama

influences due to the increase of the edge area of the landscape patches. However, the CAI value is one of the highest (CAI = 81.10% for 1980; CAI = 79.13% for 2012), and the MSI value is one of the lowest (MSI = 2.61 for 1980 and MSI = 2.66 for 2012), indicating a relatively low degree of complexity of patch shapes. Moreover, on average, only *Forestland* landscape patches are of a simpler shape.

In the observed period, only *Agricultural land* and *Grassland* recorded an increase in the number of patches, from 102 to 128 ( $di_{NOP} = 125.49$ ) and a decrease in total surface area ( $di_{SA} = 95.02$ ), which is the most pronounced process of the fragmentation of landscape patches ( $di_{ASA} = 75.64$ ) observed in this research. When it comes to land areas, the abandonment of farming as a traditional activity is manifested in the reduction of arable land in general but also in the grouping of cultivated land plots that are of better quality and closer to settlements. This is confirmed by the values of other analysed indicators. For instance, the Landscape Development Index ( $di$ ) of  $di_{ANN} = 91.35$  for the Average Nearest Neighbour Ratio indicates a strengthening of the process of grouping agricultural land in the observed period.

Although the values of MSI and CAI are usually of opposites (and of opposite development), only in this type of landscape has a decrease been recorded in the values of both indicators. The decreased average shape index ( $di_{MSI} = 97.17$ ) indicates an increase in landscape patches that are simpler in shape on average, and the decreased Core Area Index ( $di_{CAI} = 97.28$ ) indicates a decrease in the core area and an increase in the edge area of patches under external influences, which is a consequence of the aforementioned pronounced process of fragmentation of agricultural land.

Considering that Central Lika is a sparsely populated, predominantly mountainous area, *Forestland* is the most widespread and occupies more than half of the total area. In the observed period, an increase was recorded in the number of patches, from 121 to 127 ( $di_{NOP} = 104.96$ ), and since the total area remained approximately the same ( $di_{SA} = 100.24$ ), a less-pronounced fragmentation of patches was recorded ( $di_{ASA} = 95.45$ ). In both observed years, compared to other types, the values of the CAI indicator were the highest (CAI = 88.96% for 1980;

u odnosu na ostale tipove vrijednosti pokazatelja CAI-a bile su najveće (CAI = 88,96 % za 1980.; CAI = 88,70 % za 2012.), a pokazatelja MSI-a najmanje (MSI = 2,50 za 1980.; MSI = 2,56 za 2012.). To znači da su uzorci šumskoga krajolika najkompaktniji iako vrijednosti indeksa razvoja (MSI  $di_{MSI}$  = 102,40; CAI  $di_{CAI}$  = 99,71) upućuju na tendenciju razvoja nešto kompleksnijega oblika. Indeks razvoja ( $di$ ) prosječne udaljenosti od  $di_{ANN}$  = 97,58 upućuje na rast procesa grupiranosti uzoraka šumskoga krajolika. Premda se u promatranom razdoblju, zbog procesa vegetacijske sukcesije na području Srednje Like, šumsko područje moglo povećati, ipak je utvrđena približno jednaka površina. To je posljedica dvaju razloga. Prvi se odnosi na samu metodologiju izrade korištenih podataka zemljišnoga pokrova/načina korištenja zemljišta pri kojoj se utvrđuju objekti veći od 100 metara za linearne entitete (linije), odnosno 25 ha za površinske entitete (poligone). Time se, na primjer, ne evidentiraju šumska područja manja od 25 ha. Drugi razlog leži u tome što je razvoj šumskoga pokrova uvjetovan i sastavom, odnosno kvalitetom tla. Tako se na manje kvalitetnu tlu ne razvija šuma, već ostaje stadij nižega raslinja, odnosno grmlja.

Tip krajolika *Grmlje/sukcesija šume* sadržava najviše uzoraka (NOP=152 za 1980.; NOP=149 za 2012.). Kako je u promatranom razdoblju prema indeksu razvoja broj uzoraka ostao približno jednak ( $di_{NOP}$  = 98,03), dok je njihova površina povećana ( $di_{SA}$  = 110,59), očit je proces okrupnjavanja uzoraka krajolika *Grmlje/sukcesija šume* ( $di_{ASA}$  = 112,34). Vrijednosti CAI-a (CAI = 74,48 % za 1980; CAI = 75,71 % za 2012.) i MSI-a (MSI = 2,74 za 1980.; MSI = 2,76 za 2012.) pokazuju kako su uzorci krajolika koji se odnose na grmlje, odnosno sukcesiju šume među najkompleksnijima. Indeksi razvoja za pokazatelje MSI i CAI i ovdje kao i kod uzoraka poljoprivrednoga krajolika pokazuju anomaliju iako na upravo suprotan način, što je sasvim logično s obzirom na vrlo usku povezanost i međusobno uzročan odnos procesa smanjenja poljoprivrednih površina i razvoja vegetacijske sukcesije. Naime, kako je prethodno rečeno, indeksi razvoja pokazatelja MSI i CAI obično su suprotnih vrijednosti (i razvoja), tj. jedan ima vrijednost veću od 100,00, a drugi ima vrijednost manju od

CAI = 88.70% for 2012) and the MSI indicator was the lowest (MSI=2.50 for 1980; MSI = 2.56 for 2012). This means that forest landscape patches are the most compact, although the values of the Landscape Development Index ( $di_{MSI}$  = 102.40;  $di_{CAI}$  = 99.71) indicate a tendency towards the development of somewhat more complex forms. The Landscape Development Index ( $di$ ) of an average distance of  $di_{ANN}$  = 97.58 indicates an increase in the process of grouping of forest landscape patches. Although an approximately equal surface area was documented for both observed years, it is likely that the forestland surface actually increased due to the process of vegetation succession. There are two reasons for this. The first refers to the methodology of creating data on land use and land cover, which determines structures larger than 100 meters for linear entities (lines) or 25 ha for surface entities (polygons). This, for instance, means that forestland areas smaller than 25 ha are not recorded. The second reason lies in the fact that the development of forest cover is conditioned by the composition and quality of the soil. Forests, namely, do not develop on lower quality soil, which is suitable only for lower vegetation, i.e. scrub.

The landscape *Scrub/forest succession* accounted for the most patches (NOP=152 for 1980; NOP=149 for 2012). Considering that the number of patches remained approximately the same ( $di_{NOP}$  = 98.03) and their surface area increased ( $di_{SA}$  = 110.59) according to the Landscape Development Index ( $di$ ), the process of the consolidation of patches of the *Scrub/Forest Succession* landscape type is evident in the observed period ( $di_{ASA}$  = 112.34). The CAI values (CAI = 74.48 % for 1980; CAI=75.71% for 2012) and MSI values (MSI=2.74 for 1980; MSI=2.76 for 2012) show that landscape patches related to scrub or forest succession are among the most complex in shape. Here, as with agricultural land patches, the Landscape Development Indices for MSI and CAI indicators show an anomaly, but in the opposite direction, which is logical given the very close correlation and mutual causal relationship between the processes of reduction of agricultural land and increase in vegetation succession. Namely, as indicated above, the indices of landscape development ( $di$ ) for the MSI and CAI indicators are usually opposite in value (and development), i.e. one has a value greater than 100.00 and the other has a value less than

100,00. U ovom slučaju anomalija u smislu povećanja vrijednosti obaju promatranih pokazatelja ( $di_{MSI} = 100,73$ ;  $di_{CAI} = 101,65$ ) dodatno upućuje na trend povećanja kompleksnosti uzoraka te na povećanje površine jezgre uzoraka krajolika *Grmlje/sukcesije šume*. Razlog tomu je što je samo kod ovoga tipa krajolika došlo do okrupnjavanja uzoraka, pa je s povećanjem kompleksnosti uzoraka omogućeno i povećanje površina jezgre uzoraka, a time i smanjenje rubnoga dijela, tj. vanjskih utjecaja.

Povezano s grupiranjem i okrupnjavanjem uzoraka krajolika *Grmlje/sukcesija šume* jest i nestanak *Stjenovitih površina*, kao jednoga od utvrđenih tipova krajolika za 1980. godinu. Površinom najmanji uzorak ( $SA = 0,48 \text{ km}^2$ ), a prema vrijednostima  $CAI = 50,00 \%$  i  $MSI = 3,35$ , oblikom je ujedno i najkompleksniji. Uz najmanju površinu jezgre stjenovite površine imale su i najveću površinu izloženu vanjskim utjecajima, tj. sukcesiji vegetacije. Tako su u promatranom 32-godišnjem razdoblju *Stjenovite površine* (gole stijene) kao tip krajolika nestale, odnosno prekrivene su vegetacijom.

Premda područje Srednje Like obiluje vodom (brojna manja ili veća vrela, izvori, vodotoci, vodna tijela), zbog metodologije korištenih podataka (CLC 1980 i CLC 2012) za tip krajolika *Vodne površine* evidentirano je najmanje uzoraka. Za 1980. godinu prikazuju se samo tri vodna tijela (Krušičko jezero, jezero Štikada s jezerom Ričice i retencija na ponornici Obsenica), a za 2012. prikazan je i vodotok (ponornica Lika). Obilježje ovoga tipa krajolika jest stagnantnost i raspršenost uzoraka prema pokazatelju susjednosti, bez uočenih razvojnih procesa promjene.

## Rasprava

Dijakronijsko-procesna analiza, uz primjenu Indeksa Razvoja Krajolika ( $di$ ), može upozoriti ne samo na razvoj krajolika nego i na njegov intenzitet te na ranjivost na vanjske utjecaje. Razvoj krajolika Srednje Like promatran je u prethodnim radovima (npr. Hamzić i Fuerst-Bjeliš, 2021), ali do sada nije analiziran intenzitet razvoja krajolika praćen izraženom ranjivošću. Ranjivost se prije svega pokazuje kao posljedica povećanja rubnih dijelova uzoraka

100,00. In this case, the anomaly in terms of the increase in the value of both observed indicators ( $di_{MSI} = 100,73$ ;  $di_{CAI} = 101,65$ ) further indicates the trend of increasing patch complexity and core area of *Scrub/Forest Succession* landscape patches. The reason for this is that a consolidation of patches occurred only in this type of landscape, which means that with the increase in the complexity of the patches, the core area of the patches increased as well, while the edge area and external influences shrank.

The propagation and consolidation of patches of *Scrub/Forest Succession* is also related to the disappearance of *Rocky Surfaces* over the course of the studied period. This landscape type has a patch that is the smallest in terms of its surface area ( $SA = 0.48 \text{ km}^2$ ), and the most complex in terms of values:  $CAI = 50.00\%$  and  $MSI = 3.35$ . In addition to the smallest surface area of the core, rocky surfaces also have the largest area exposed to external influences, i.e. the succession of vegetation. In the observed 32-year period, the *Rocky Surfaces* (bare rocks) as a landscape type disappeared, and have been covered by vegetation succession.

Although the area of Central Lika is rich in water (numerous small and large water sources, springs, watercourses, water bodies), due to the methodology of the data used (CLC 1980 and CLC 2012), the least number of patches was recorded for the *Water Areas* landscape type. For 1980, only three water bodies (Krušičko Lake, Štikada Lake with Ričice Lake and a retention basin at the Obsenica sinking stream) are shown, and for 2012 a watercourse (the Lika sinking stream) is also shown. This landscape type is characterized by the stagnation and dispersion of patches according to the Average Nearest Neighbour Index, without observed developmental processes of change.

## Discussion

The diachronic-process analysis, along with the application of the Landscape Development Index ( $di$ ), shows landscape change and its intensity and vulnerability to external influences. Landscape change in Central Lika was studied already earlier by Hamzić and Fuerst-Bjeliš (2021), but without analysing the intensity of landscape change followed by its vulnerability. Vulnerability is seen primarily as a consequence of the increased edge

krajolika (i smanjenja površina jezgre kao posljedice fragmentacije uzoraka krajolika) što ga čini ranjivijim i izloženijim vanjskim utjecajima. Ovdje primijenjena dijakronijsko-procesna analiza uz primjenu Indeksa Razvoja Krajolika ( $di$ ) omogućuje navedenu procjenu.

Rezultati istraživanja pokazali su da razvijeni indeks ( $di$ ) ima prednost primjene u odnosu na standardnu komparaciju dvaju stanja jer se za uočenu pojavu/proces može utvrditi i intenzitet, a ne samo međuodnos, čime je prostorna i dijakronijsko-procesna analiza kvalitetnija i doprinosi boljem razumijevanju razvoja krajolika. Naime, dok se standardnom komparacijom uočava pojava, odnosno međuodnos (npr. manje-više, odnosno pad-rast), primjenom ovoga pokazatelja iskazuje se i njihov intenzitet kroz njegovu brojčanu vrijednost. Upravo je to bilo od ključne važnosti za razumijevanje međuodnosa svih tipova krajolika i mogućnost detaljnijega uočavanja procesa razvoja krajolika Srednje Like. Primjerice, procesi u razvoju krajolika za pojedine tipove odmah su uočljivi (npr. kod tipova *Travnato zemljište* i *Šumsko zemljište* s povećanjem kompleksnosti uzoraka smanjuje se površina jezgre te su veći rubni dijelovi uzoraka i time izraženiji vanjski utjecaji). Međutim, u pojedinim slučajevima, primjerice za tipove krajolika *Poljoprivredno zemljište* i *Grmlje/sukcesija šume*, bio je neophodan daljnji uvid u vrijednosti rezultata Indeksa Razvoja Krajolika ( $di$ ). Naime, rezultati istraživanja su u tom smislu pokazali dvije anomalije. Jedino je kod tipa krajolika *Poljoprivredno zemljište* došlo do istodobnoga smanjenja vrijednosti dvaju pokazatelja, prosječnoga indeksa oblika ( $di_{MSI} = 97,17$ ), koji upućuje na povećanje uzoraka krajolika jednostavnijih oblika, te indeksa površine jezgre ( $di_{CAI} = 97,28$ ), koji upućuje na smanjenje površina jezgre i povećanje rubnoga dijela uzorka te time jačega vanjskog utjecaja. Objašnjenje ove anomalije omogućeno je upravo primjenom  $di_{ASA}$  koji upućuje na usitnjavanje uzoraka krajolika *Poljoprivrednog zemljišta* najvećega intenziteta ( $di_{ASA} = 75,64$ ). Smanjenje ukupne površine ovog tipa krajolika te povećanja broja uzoraka je posljedica smanjenja korištenja poljoprivrednog zemljišta za ratarstvo u analiziranom razdoblju. Druga anomalija, kauzalno povezana s prvom navedenom, nalazi se jedino kod tipa krajolika *Grmlje/sukcesija šume*. Naime, ovdje je došlo do povećanja vrijednosti ista navedena dva

areas (and reduced core areas due to fragmentation of landscape patches) which makes them more vulnerable and exposed to external influences. This assessment was made possible by this research, i.e. by the diachronic-process analysis with the application of the Landscape Development Index ( $di$ ).

The results of the research showed that the developed index ( $di$ ) has advantages over the standard comparison of two conditions, because it allows for the intensity of the phenomenon/process to be determined, not just interrelation, which means that spatial and diachronic-process analysis is of a better quality and better contributes to the understanding of landscape development. Namely, while the standard comparison shows the phenomena and their interrelation (increase or decrease), the application of this indicator also expresses the intensity of change with its numerical value. This was crucial for understanding the interrelation of all types of landscapes, and for the possibility of a more detailed observation of the process of the development of the Central Lika landscape. For instance, the processes in landscape development for individual types are immediately noticeable (e.g. for *Grassland* and *Forestland*, increasing patch complexity means that the core areas are decreasing and the edge areas of the patches are increasing, which means that the external influences are more pronounced). However, in some cases, e.g. *Agricultural land* and *Scrub/forest succession*, further analysis of the resulting Landscape Development Index ( $di$ ) values was required. Namely, the research results showed two anomalies in this regard. Only *Agricultural land* showed a simultaneous decrease in the value of two indicators, the Mean Shape Index ( $di_{MSI} = 97.17$ ), which indicates an increase in the number landscape patches of simpler shapes, and the Core Area Index ( $di_{CAI} = 97.28$ ), which indicates a reduction in core area and an increase in edge area of the patch and, thus, stronger external influence. The explanation of this anomaly was made possible by the application of the  $di_{ASA}$  which indicated that the fragmentation of patches of *Agricultural land* were of the highest intensity ( $di_{ASA} = 75.64$ ). The decrease in the total surface area of this type of landscape and the increase in the number of patches is a consequence of the decrease in the use of agricultural land for farming in the observed period. The second anomaly, causally-related to the first, is found only for *Scrub/forest succession*. Namely, both indicators increased

pokazatelja ( $di_{MSI} = 100,73$ ;  $di_{CAI} = 101,65$ ) koji nam ukazuju na trend povećanja kompleksnosti uzoraka te na povećanje površine jezgre. To konkretno znači da je došlo do okrupnjavanja površine uzoraka ( $di_{ASA} = 112,34$ ). Ove dvije ustanovljene anomalije pokazuju vrlo usku povezanost i međusobnu uzročnu povezanost procesa smanjenja poljoprivrednih površina i razvoja vegetacijske sukcesije.

## Zaključak

Dijakronijska analiza (1980. – 2012.) obuhvaća neke od najdinamičnijih i transformacijskih desetljeća novije hrvatske povijesti; od post-socijalističke tranzicije do poratnog razdoblja. Promatrajući krajolik Srednje Like u cjelini može se zaključiti kako je općenito u postsocijalističkom i poratnom razdoblju na prijelazu stoljeća došlo do povećanja broja ( $di_{NOP} = 109,17$ ) i do usitnjavanja uzoraka ( $di_{ASA} = 91,76$ ). Pri tome se kompleksnost uzoraka u manjoj mjeri povećala ( $di_{MSI} = 101,86$ ), a površina jezgre se smanjila ( $di_{CAI} = 98,86$ ). Time se općenito povećao udio rubnih dijelova, odnosno ranjivost na vanjske utjecaje i promjene. Kako je inicijalno pretpostavljeno, u sklopu općih procesa promjena krajolika uočene su i međuregionalne razlike, prije svega između središnjega dijela u blizini jedinoga većeg (gradskog naselja) Gospića, gdje je fragmentacija uzoraka poljoprivrednoga zemljišta najjače izražena i najranjivija na promjene, te vanjskih, perifernih, gotovo nenaseljenih gorskih šumskih dijelova regije, gdje je došlo do daljnjega grupiranja uzoraka krajolika. Između ovih dviju zona nalazi se prijelazna zona transformacije jaka intenziteta obilježena vegetacijskom sukcesijom kao primarne posljedice napuštanja poljoprivrede, snažno povezana s depopulacijom proučavanoga područja.

Analizirani procesi i smjerovi razvoja krajolika u ovom istraživanju ne mogu se promatrati odvojeno od društvenih procesa i njihovih prostornih implikacija. Područje koje je pretrpjelo najintenzivnije procese depopulacije i raseljavanja tijekom rata ujedno je i zona transformacije jaka intenziteta koja je obilježena vegetacijskom sukcesijom i reforestacijom. Uvid u društvene procese unutar odgovarajućih povijesnih i političkih okvira, kako je prethodno prikazano, uputio je na bit odnosa

( $di_{MSI} = 100,73$ ;  $di_{CAI} = 101,65$ ), which indicates a trend of increasing patch complexity and an increase in core surface area. This specifically means that a consolidation of the patch surfaces occurred ( $di_{ASA} = 112,34$ ). These two established anomalies show a very close correlation and mutual causal connection between the process of the reduction of agricultural areas and the development of vegetation succession.

## Conclusion

The diachronic analysis (1980–2012) embraces some of the most dynamic and transformative decades of Croatia's recent past: from the post-socialist transition to the post-war period. Observing the landscape of Central Lika as a whole, it can be generally concluded that there was an increase in the number ( $di_{NOP} = 109,17$ ) and fragmentation of patches ( $di_{ASA} = 91,76$ ) in the post-socialist and post-war period. The complexity of the patches increased slightly ( $di_{MSI} = 101,86$ ), and the core area of the patches decreased ( $di_{CAI} = 98,86$ ). This generally increased the share of edge areas, and vulnerability to external influences and changes. As initially assumed, within the general processes of landscape changes, intra-regional differences were observed, primarily between the central part of the region near the only large (urban) settlement (Gospić) where the fragmentation of agricultural land patches is most pronounced and where patches are most vulnerable to changes; and the external, peripheral and almost uninhabited mountain forest areas of the region, where grouping of landscape patches occurred. Between these two zones there is a transitional zone of strong-intensity transformation marked by vegetation succession, as the primary consequence of agriculture abandonment related to depopulation of the area.

The analysed processes and trajectories of landscape change in the presented research cannot be viewed separately from the social processes and their spatial implications. The area that experienced the most intense depopulation and outflow during the War, according to the conducted research, represents a zone of strong-intensity transformation marked by vegetation succession and reforestation. Insight into social processes within this particular set of historical and political circumstances, as discussed above, indi-

između razvoja krajolika i društveno-političke sredine. Još jednom (kroz povijest) ovo je područje pretrpjelo velik odljev stanovništva te posljedično napuštanje poljoprivrede, što je dovelo do istaknutoga procesa vegetacijske sukcesije i reforestacije, odnosno širenja pojave travnjaka, grmlja/sukcesije šume i šuma.

Potpunije razumijevanje razvoja krajolika u svojoj povezanosti s društvenim procesima i načinom života može dati vrijedan doprinos razvojnim politikama i pristupima razvoju marginalnih ruralnih područja koja gube stanovništvo i vitalnu snagu za revitalizaciju. Uz već potvrđenu visoku primjenjivost GIS prostornih analiza u komparativnim dijakronijskim istraživanjima, dodatna primjena novorazvijenoga Indeksa Razvoja Krajolika (*di*) pokazala je značajnu dodatnu vrijednost i mogućnost dublje analize procesa promjene.

Objava rada potpomognuta je Potporom Sveučilišta u Zagrebu za 2020. godinu (broj: 20285705) i potporom tvrtke Ericsson Nikola Tesla d.d.

cate the essence of the relationship between the landscape change and the socio-political environment. As if repeating centuries of historical tradition, the area has once again suffered from massive outflow and abandonment of agriculture and subsequent vegetation succession and reforestation, i.e. propagation of grassland, scrub/forest succession, and forestland.

A fuller understanding of landscape development and its connection to social processes and lifestyles can make a valuable contribution to development policies designed to help the development of marginal rural areas that are losing population and potential for revitalization. In addition to the confirmed high applicability of GIS spatial analysis in comparative diachronic studies, the additional application of the Landscape Development Index (*di*) has shown significant added value and the ability to more deeply analyse the processes of change.

The publication of the research was supported by the University of Zagreb Grant for 2020 (no. 20285705) and by Ericsson Nikola Tesla d.d.

## Zahvala Acknowledgement

## Literatura Literature

- Afrasinei, G. M., Melis, M. T., Buttau, C., Bradd, J. M., Arras, C., Ghiglieri, G., 2015: Diachronic analysis of salt-affected areas using remote sensing techniques: the case study of Biskra area, Algeria, in: Michel, U., Schulz, K., Ehlers, M., Nikolakopoulos, K.-G., Civco, D. (eds.): *Earth Resources and Environmental Remote sensing/GIS application VI*, SPIE, Toulouse, DOI: 10.1117/12.2194998.
- Antrop, M., 1997: The concept of traditional landscapes as a base for landscape evaluation and planning. The example of Flanders Region, *Landscape and Urban Planning* 38 (1-2), 10-117, DOI:10.1016/S0169-2046(97)00027-3.
- Antrop, M., 2005: Why landscapes of the past are important for the future, *Landscape and Urban Planning* 70 (1-2), 21-34, DOI: 10.1016/j.landurbplan.2003.10.002.
- Blaće, A., 2015: *Razvoj i suvremena preobrazba krajolika Ravnih kotara*, doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Blaće, A., 2019: Promjene šumskoga pokrova na području Ravnih kotara u drugoj polovici 19. stoljeća / Forest cover changes in the Ravni Kotari Region in the second half of the 19th century), *Hrvatski geografski glasnik* 81 (2), 69-88, DOI: 10.21861/HGG.2019.81.02.03.
- Čukan, I., 2018, *Demografski razvoj i projekcije budućeg kretanja stanovništva Grada Gospića*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Čuka, A., 2010: *Preobrazba dugotočkog krajolika kao odraz suvremenih sociogeografskih procesa*, doktorska disertacija, Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Zadar.
- Čukman, I., 2018, *Demografski razvoj i projekcije budućeg kretanja stanovništva Grada Gospića*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Dumbović Bilušić, B., 2015: *Krajolik kao kulturno naslijeđe: metode prepoznavanja, vrjednovanja i zaštite kulturnih krajolika Hrvatske*, Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Uprava za zaštitu kulturne baštine, Zagreb.
- Durbešić, A., 2012: *Promjene pejzaža južne padine Svilaje – GIS pristup*, doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Durbešić, A., Fuerst-Bjeliš, B., 2016: Tipovi i trendovi promjene pejzaža planine Svilaje – Ogorje, *Ekonomika i ekohistorija* 12 (1), 208-221.
- Emanuelsson, U., 2009: *The rural landscapes of Europe – How man has shaped European nature*, Swedish Research Council Formas, Stockholm.
- Esbah, H., 2009: Analyzing Landscape Change Through Landscape Structure Indices: Case of the City Ay-



- din, Turkey, *Journal of Applied Sciences* 9 (15), 2744-2752, DOI: 10.3923/jas.2009.2744.2752.
- Faivre, S., Pahernik, M., 2007: Structural influences on the spatial distribution of dolines, Island of Brač, Croatia, *Zeitschrift für Geomorphologie* 51 (4), 487-503, DOI: 10.1127/0372-8854/2007/0051-0487.
- Fuerst-Bjeliš, B., 2003: Reading the Venetian Cadastral Record: An Evidence for the Environment, Population and Cultural Landscape of the 18th century Dalmatia, *Hrvatski geografski glasnik* 65 (1), 47-62, DOI: 10.21861/HG.2003.65.01.03.
- Fuerst-Bjeliš, B., 2012: Imaging the Past: Cartography and Multicultural Realities of Croatian Borderlands, in: Bateira, C. (ed.): *Cartography - A Tool for Spatial Analysis*, InTechOpen, London - Rijeka, 295-312, DOI: 10.5772/46223.
- Fuerst-Bjeliš, B., 2020a: Environmental Response to Marginality: Between Borderlands and Littoralization in the Eastern Adriatic, in: Fuerst-Bjeliš, B., Leimgruber, W. (eds.): *Globalization, Marginalization and Conflict, Perspectives on Geographical Marginality* 6, Springer International Publishing, Cham, 75-87, DOI: 10.1007/978-3-030-53218-5\_6.
- Fuerst-Bjeliš, B., 2020b: Other and/or Marginal: Coexistence of Identities in the Historical Borderlands of Croatia, in: Fuerst-Bjeliš, B., Leimgruber, W. (eds.): *Globalization, Marginalization and Conflict. Perspectives on Geographical Marginality* 6, Springer International Publishing, Cham, 89-99, DOI: 10.1007/978-3-030-53218-5\_7.
- Fuerst-Bjeliš, B., Glamuzina, N., 2021: *The Historical Geography of Croatia. Territorial Change and Cultural Landscapes*, Springer International Publishing, Cham, DOI: 10.1007/978-3-030-68433-4.
- Fuerst-Bjeliš, B., Lozić, S., Cvitanović, M., Durbešić, A., 2011: Promjene okoliša središnjeg dijela Dalmatinske zagore od 18. stoljeća, u: Matas, M., Faričić, J. (ur.): *Zagora između stočarsko-ratarske tradicije te procesa litoralizacije i globalizacije*, Sveučilište u Zadru, Kulturni sabor Zagore, Matica hrvatska Split, Zadar - Dugopolje, 117-130.
- Fuerst-Bjeliš, B., Vukosav, B., 2019: Landscape of identities in shared spaces of the borderlands, *Europa Regional* 26 (2), 5-13, <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-66829-3>.
- Gabrovec, M., Kladnik, D., 1997: Some New Aspects of Land Use in Slovenia, *Geografski zbornik / Acta Geographica Slovenica* 37, 7-64.
- Gyenizse, P., Bognár, Z., Cziganý, S., Elekcs, T., 2014: Landscape shape index, as a potential indicator of urban development in Hungary, *Landscape & Environment* 8 (2), 78-88.
- Hamzić, M., Fuerst-Bjeliš, B., Pahernik, M., 2020: Strukturna obilježja uzoraka krajolika Srednje Like - primjena prostorne i regresijske analize / Structural Characteristics of Patches in the Central Lika Landscape - Application of Spatial and Regression analysis, *Kartografija i geoinformacije* 34 (19), 14-39, DOI: 10.32909/kg.19.34.2.
- Hamzić, M., Fuerst-Bjeliš, B., 2021: Razvojni tipovi krajolika Srednje Like 1980-2012 - primjena prostorno i procesno orijentiranog GIS modela / Landscape Development Types in Central Lika - Applying Spatial and Process-Oriented GIS model, *Kartografija i geoinformacije* 35 (20), 4-29, DOI: 10.32909/kg.20.35.1
- Hulshoff, R. M., 1995: Landscape indices describing a Dutch landscape, *Landscape Ecology* 10 (2), 101-111, DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00153827>.
- Jogun, T., Pavlek, K., Belić, T., Buhin, S., Malešić, N., 2017: Promjene zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj od 1981. do 2011. godine / Land cover changes in northern Croatia from 1981 to 2011., *Hrvatski geografski glasnik* 79 (1), 33-59, DOI: 10.21861/HGG.2017.79.01.02.
- Jogun, T., Lukić, A., Gašparović, M., 2019: Simulacijski model promjena zemljišnog pokrova u postsocijalističkom periferenom ruralnom području: Požeško-slavonska županija, Hrvatska / Simulation model of land cover changes in a post-socialist peripheral rural area: Požega-Slavonia County, Croatia, *Hrvatski geografski glasnik* 81 (1), 31-59, DOI: 10.21861/HGG.2019.81.01.02.
- Jovanić, M., 2017: GIS analiza i razvojna tipologija krajolika Srednje Like, doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Kladnik, D., Perko, D., Urbanc, M. 2009: Cultural landscapes in Slovenia from a geographical perspective, in: Henrik J. (ed.): *Cultural landscape - across disciplines*, Bydgoszczand Kraków, Poland, Oficyna Wydawnicza BRANTA, 81-139.
- Krajewski, P., Solecka, I., Mastalska-Cetera, B., 2017: Landscape Change Index as a Tool for Spatial Analysis, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 245 (7): 1-7, DOI: 10.1088/1757-899X/245/7/072014.
- Lang, S., Blaschke, T., 2010: *Analiza krajolika pomoću GIS-a*, ITD-Gaudeamus d.o.o., Požega.
- López-Estébanez, N., Allende, F., Fernández-Sañudo, P., Roldán Martín, M. J., De Las Heras, P., 2012: Cartography of landscape dynamics in Central Spain, in: Bateira, C. (ed.): *Cartography - A Tool for Spatial Analysis*, InTechOpen, 227-250, DOI: 10.5772/47841.
- Lowicki, 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
- Mücher, C. A., Klijn, J. A., Wascher, D. M., Schaminée, J. H. J., 2010: A new European Landscape Classification (LANMAP): A transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes, *Ecological Indicators* 10 (1), 87-103, DOI: 10.1016/j.ecoind.2009.03.018.
- Nupp, T. E., Swihart, R. K., 2000: Landscape-level correlates of small-mammal assemblages in forest fragments of farmland, *Journal of Mammalogy* 81(2), 512-526, DOI: 10.1644/1545-1542(2000)081 <0512:LLCOSM>2.0.CO;2.
- Olahová, J., Vojtek, M., Boltžiar, M., 2013: Application of geoinformation technologies for the assessment of landscape structure using landscape-ecological indexes (case study of the Handlová landslide), *Tájökológiai Lapok* 11 (2), 351-366.
- Pahernik, M., 2000: Prostorni raspored i gustoća ponikava SZ dijela Velike Kapele - rezultati računalne analize susjedstva, *Geoadria* 5 (1), 105-120, DOI: 10.15291/geoadria.156.
- Pahernik, M., 2012: Prostorna gustoća ponikava na području Republike Hrvatske, *Hrvatski geografski glasnik* 74 (2), 5-26, DOI: 10.21861/HGG.2012.74.02.01.
- Pejnović, D., 1985: *Srednja Lika: socijalno-geografska transformacija*, Centar za kulturu - Muzej Like, Gospić.
- Pejnović, D., 2004a: Depopulacija županija i disparitet u regionalnom razvoju Hrvatske, *Društvena istraživanja: časopis za opća društvena pitanja* 13 (4-5), 701-726.
- Pejnović, D., 2004b: Lika: Demographic development under peripheral conditions,

Izvori  
Sources

Autori  
Authors

- Hrvatski geografski glasnik* 66 (2), 23–46, DOI: 10.21861/HGG.2004.66.02.02.
- Steinhardt, U., Herzog, F., Lausch, A., Müller, E., Lehmann, S., 1999: Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation, in: Pykh, Y. A., Hyatt, D. E., Lenz, R. J. (eds.): *Environmental Indices – System Analysis Approach*, EOLSS Publ., Oxford, 237–254.
- Štambuk, M., 1998: Lika – studija slučaja, u: Rogić, I., Štambuk, M. (ur.): *Duge sjene periferije: prinos revitalizaciji hrvatskog ruba*, Institut za društvena istraživanja Ivo Pilar, Zagreb, 44–107.
- Turk, I., 2009: Suvremene demografske promjene na kontaktnom prostoru Karlovačke i Ličko-senjske županije: analiza slučaja, u: Holjevac, Ž. (ur.): *Identitet Like: korijeni i razvitak*, Knjiga II, Institut za društvena istraživanja Ivo Pilar, Zagreb – Gospić, 67–87.
- Turk, I., Šimunić, N., Jovanić, M., 2015: Promjene u sastavu stanovništva prema narodnosti u Karlovačkoj i Ličko-senjskoj županiji od 1991. do 2011., *Migracijske i etničke teme* 31 (2), 275–309, DOI: 10.11567/met.31.2.4.
- Túri, Z., 2010: Studying landscape pattern in Great Hungarian Plain model areas, in: Rahmanov, O. (ed.): *Antropogenic aspects of landscape transformations 6*, University of Silesia, Sosnowiec – Bedzin, 109–115.
- Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R., 2009: Landscape Metrics and Indices: An Overview of Their Use in Landscape Research, *Living Reviews in Landscape Research* 3 (1), 1–28, DOI: 10.12942/lrlr-2009-1.
- Van Eetvelde, V., Antrop, M., 2009: Indicators for assessing changing landscape character of cultural landscapes in Flanders (Belgium), *Land Use Policy* 26 (4), 901–910, DOI: 10.1016/j.landusepol.2008.11.001.
- Woodward, A. J. W., Fuhlerdorf, S. D., Leslie, D. M., Shackford, J., 2001: Influence of Landscape Composition and Change on Lesser Prairie-chicken (*Tympanuchus pallidicinctus*) population, *The American Midland Naturalist* 145(2), 261–274, DOI: 10.1674/0003-0031(2001)145[0261:IO-LCAC]2.0.CO;2.
- Yang, J., Li, S., Huicui, L., 2019: Quantitative Influence of Land-Use Changes and Urban Expansion Intensity on Landscape Pattern in Qingdao, China: Implications for Urban Sustainability, *Sustainability* 11 (21), 6174, DOI: 10.3390/su11216174.
- Žemla-Siesicka, A., 2020: The influence of tourist infrastructure on the mountain landscape. Towards a tourist landscape. Case study of the Silesian Beskid, *European Countryside* 12 (4), 527–550, DOI: 10.2478/euco-2020-0028.
- Živić, D., 2009: Demografski gubici Ličko-senjske županije u Domovinskom ratu, u: Holjevac, Ž. (ur.): *Identitet Like: korijeni i razvitak*, Knjiga II, Institut za društvena istraživanja Ivo Pilar, Zagreb – Gospić, 43–66.
- Državni zavod za statistiku (DZS) / Croatian bureau of statistics (CBS), 2020: Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2011 / Census 2011, <https://www.dzs.hr> (18.12.2020.)
- Državni zavod za statistiku (DZS) / Croatian bureau of statistics (CBS), 2021a: Popis 2001 / Census 2001, <https://www.dzs.hr> (15.3.2021.)
- Državni zavod za statistiku (DZS) / Croatian bureau of statistics (CBS), 2021b: Stanovništvo – procjena i prirodno kretanje / Population – estimate and natural change, <https://www.dzs.hr> (11.9.2021.)
- Hrvatska gospodarska komora (HGK) / Croatian chamber of economy (CCE), 2021: Demografski podaci po županijama 2019. / Demographic data by counties 2019, <https://hgk.hr> (30.1.2021.)
- Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP) / Croatian Environment and Nature Agency (CENA), 2020a: Corine Land Cover za 1980. / Corine Land Cover for 1980 (CLC 1980, GIS *shapefileovi*) / (CLC 1980, GIS shapefiles), Zagreb
- Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP) / Croatian Environment and Nature Agency (CENA), 2020b: Corine Land Cover za 2012. / Corine Land Cover for 2012 (CLC 2012, GIS *shapefileovi*) / (CLC 2012, GIS shapefiles), Zagreb
- Državna geodetska uprava (DGU) / Croatian Geodetic Administration (SGA), 2016: Središnji registar prostornih jedinica RH / Central registry of spatial units in the Republic of Croatia (GIS *shapefileovi*) / (GIS shapefiles), Zagreb
- Državna geodetska uprava (DGU) / Croatian Geodetic Administration (SGA), 2020: Središnji registar prostornih jedinica RH / Central registry of spatial units in the Republic of Croatia (GIS *shapefileovi*) / (GIS shapefiles), Zagreb
- ESRI, 2020: How average nearest neighbor works <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/h-how-average-nearest-neighbor-distance-spatial-st.htm> (12.11.2020.)
- ESRI, 2021: Buffer <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/buffer.htm> (11.9.2021)

Marta Hamzić  
dr. sc., Ericsson Nikola Tesla d.d., Krapinska 45,  
10 000 Zagreb, Hrvatska  
marta.jovanic@gmail.com

Borna Fuerst-Bjeliš  
prof. dr. sc., Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Marulićev trg 19/2,  
10 000 Zagreb, Hrvatska  
bornafb@geog.pmf.unizg.hr