

original scientific article
received: 2013-09-25

UDC 911.53:712.35(497.5Vis)

STRUKTURNE ZNAČAJKE SUHOZIDNE MREŽE KAO POKAZATELJI ANTROPOGENOG UTJECAJA NA KRAJOBRAZ – PRIMJER JUŽNOG DIJELA OTOKA VISA, HRVATSKA

Sanja LOZIĆ

Sveučilište u Zadru, Odjel za Geografiju, Franje Tuđmana 24i, 23000 Zadar, Hrvatska
e-mail: slozic@unizd.hr

Ante ŠILJEG

Sveučilište u Zadru, Odjel za Geografiju, Franje Tuđmana 24i, 23000 Zadar, Hrvatska
e-mail: asiljeg@unizd.hr

Kristina KRKLEC

Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za pedologiju, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska
e-mail: kkrklec@agr.hr

IZVLEČEK

V tem delu je podana analiza strukturnih značilnosti mreže suhozida in njihov medsebojni odnos z naravno krajino. Uporabljen je poseben pristop oziroma elementi mreže suhozida so analizirani v sklopu predhodno opredeljenih prostornih celin (tipov geokompleksa), ki so določene z njihovo notranjo navpično zgradbo. Na podlagi tako zastavljenega odnosa je možno rekonstruirati prostorsko razporeditev in značilnosti področij, na katere vpliva človek, kar je neposredno vplivalo na stopnjo njihove razdrobljenosti in raznovrstnosti. V analizi strukture suhozida je uporabljena krajinska metrika oziroma kazalniki kompozicije in konfiguracije krajine. Podatki, pridobljeni z analizo GIS, so obdelani z metodami krajinske metrike ter s statističnimi metodami linearne soodvisnosti in faktorske analize. Z večkratno linearno soodvisnostjo sta ugotovljena značaj in stopnja povezanosti enajstih spremenljivk, vključenih v analizo. Faktorska analiza je narejena s ciljem zmanjšanja večjega števila spremenljivk na manjše število dejavnikov, ki najboljše določajo zgradbo in kompleksnost mreže suhozida, kot tudi stopnjo antropogenega vpliva na krajino.

Ključne besede: mreža suhozida, krajina, krajinska metrika, južni Vis

CARATTERISTICHE STRUTTURALI DELLA RETE DEI MURETTI A SECCO COME INDICATORI DI IMPATTI ANTROPOGENICI SUL PAESAGGIO - ESEMPIO DELLA PARTE MERIDIONALE DELL'ISOLA DI VIS

SINTESI

In questo documento è stata condotta l'analisi delle caratteristiche strutturali della rete dei muretti a secco e la loro relazione con il paesaggio naturale. È stato applicato un metodo specifico, vale a dire gli elementi sono stati analizzati nell'ambito di complessi spaziali precedentemente determinati (tipi di geocomplessi) che sono definiti dalla loro struttura interna verticale. Sulla base di questo insieme di relazioni, è possibile ricostruire la distribuzione spaziale e le caratteristiche delle aree incluse nell'antropoppressione, la quale ha direttamente influenzato il grado della loro frammentazione e diversità. Analizzando la struttura del muretto a secco è stata applicata la metrica del paesaggio, in altre parole indicatori della composizione e configurazione del paesaggio. Analisi GIS dei dati ottenuti sono stati elaborati con i metodi di metriche del paesaggio e metodi statistici di correlazione lineare e l'analisi fattoriale. Correlazione lineare multipla è stata utilizzata per determinare la natura e il grado di correlazione delle undici variabili che sono state incluse nell'analisi. Analisi fattoriale è stata condotta con l'obiettivo di ridurre il numero di variabili a un minor numero di fattori che definiscono meglio la struttura e la complessità della rete di muretti a secco, così come il grado di impatto antropogenico sul paesaggio.

Parole chiave: rete di muretti a secco, il paesaggio, la metrica del paesaggio, impatto antropogenico, parte meridionale di Vis

UVOD

Krajolik suhozida najrašireniji je element poljoprivrednog kulturnog krajolika na području otoka Visa. Razvio se kao posljedica nedostatka obradivih površina zbog čega su se počela koristiti plitka tla na karbonatnim padinama uzvišenja (Gams, 1991). Površine pod suhozidima nekad su bile značajne kao ograđene poljoprivredne površine na kojima su se uzgajale sredozemne kulture (suhozidi bliže naseljima) ili kao pašnjačke površine (suhozidi udaljeniji od naselja). Znatna područja manje ili više strmih padina preoblikovana su antropogenim djelovanjem i to terasiranjem za uzgoj vinove loze, koja je stoljećima bila primarna uzgojna kultura Visa (Peričić, 1999).

Današnji udio obradivih površina unutar suhozida znatno je smanjen, a težište uzgoja dominantnih kultura vinove loze i masline premješteno je na prostraniji i zaravnjene površine krških polja. Velike površine pod suhozidima danas se nalaze u procesu zarastanja (maki-ja, šikara i šuma primorskog bora) zbog čega je determinacija njihove izvorne funkcije otežana.

Funkcije suhozida u prošlosti a i danas bile su višestruke: suhozidi kao element ograđivanja poljoprivrednih površina, suhozidi kao element ograđivanja pašnjačkih površina i suhozidi kao potporni element u obliku terasa (Aničić, Perica, 2003).

Suhozidi kao element ograđivanja poljoprivrednih površina nastali su premještanjem kamena iz plitkih tala radi dobivanja obradivih površina, pri čemu je kamen korišten za ograđivanje poljoprivrednih parcela (Gams, 1991; Gams *et al.*, 1993). Na južnom Visu, rasprostranjeni su uglavnom na područjima blažeg nagiba, u blizini naseljenih područja. Struktura ovog tipa suhozida uglavnom je nepravilna, u skladu s morfologijom terena. Nekada su se na tim poljoprivrednim površinama uzgajale različite kulture (osobito vinova loza i masline) dok su danas u velikoj mjeri prepuštene zarastanju.

Suhozidi u funkciji ograđivanja pašnjačkih površina rasprostranjeni su na cijelom području južnog dijela otoka Visa, imaju pretežito linearnu strukturu i dominiraju osobito na područjima kamenjara (Sl. 1).

Suhozidi koji su služili kao potporni element terasastih polja imali su funkciju zadržavanja tla na strmijim dijelovima padina. Na obradivom tlu terasa nekada su se uzgajale kulture vinove loze i masline dok je danas njihova funkcija bitno smanjena, pa u velike površine terasastih polja u zarastanju a suhozidi se radi neodržavanja nalaze u procesu raspadanja.

Nastanak i razvoj suhozidne mreže otoka Visa predstavljao je dugotrajan i kontinuirani proces sve do 20. stoljeća, kada zbog promijenjenih društveno-geografskih okolnosti dolazi do suprotnog procesa: napuštanje obrade zemljišta na padinama i prepuštanje suhozidne mreže prirodnoj sukcesiji i degradaciji. Ovi procesi danas su vrlo izraženi, što je jasno vidljivo u izgledu krajobraza i, što je još važnije, utječu na značajke eko-

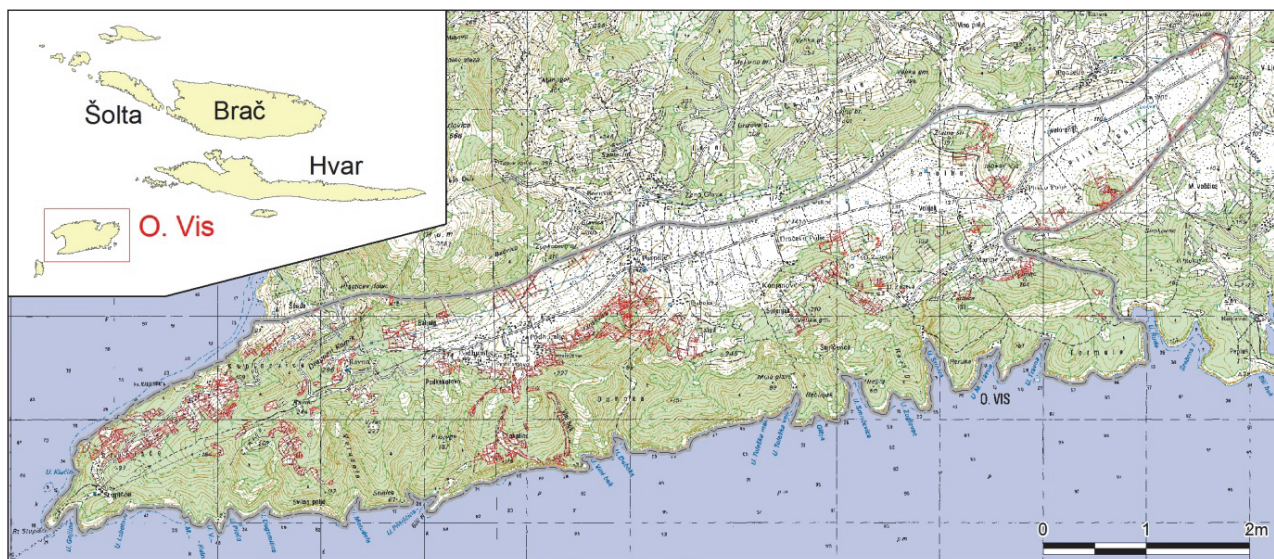
sustava.

Podložnost suhozida destruktiji pod utjecajem je brojnih čimbenika. Najznačajniji su: litološki sastav, gradijent nagiba padina, nadmorska visina, postojanje/nepostojanje biljnog pokrova, njihova prostorna konfiguracija, način korištenja i napuštanje tradicionalne poljoprivredne djelatnosti. Terenska opažanja na južnom Visu sugeriraju da se degradacija suhozida (kao i denudacija i erozija na padinama) češće pojavljuju u specifičnim, izoliranim područjima, poput npr. zona s puno rasjeda, na padinama s višim vrijednostima nagiba, na padinama eksponiranim prema „kišonosnim“ vjetrovima (jugo), na kojima postoji izražen proces jaruženja i izloženost površinskoj vodnoj eroziji. Pozitivan element, povezan s napuštanjem tradicionalne obrade zemljišta jest uznapredovala sukcesija različitih vegetacijskih stadija, koja umanjuje denudacijski i erozijski potencijal na padinama.

U ovom radu provedena je analiza strukturnih značajki mreže suhozida i njihov međuodnos s prirodnim krajobrazom. Primijenjen je specifičan pristup, tj. elementi suhozidne mreže analizirani su u okviru prethodno determiniranih prostornih cjelina (tipova geokompleksa) koje su definirane njihovom unutrašnjom vertikalnom strukturom (Lozić *et al.*, 2012). Elementi vertikalne strukture obuhvaćaju litološke značajke, geomorfološke značajke (reprezentirane nagibima padina), te tipove korištenja zemljišta. Na temelju ovako postavljenog odnosa, moguće je rekonstruirati prostorni raspored i značajke područja obuhvaćenih antropopresijom (intenzivno poljoprivredno korištenje tijekom historijsko-geografskog razvoja, uključujući prvobitnu vegetacijsku regresiju i kasnije sukcesiju) koja je direktno utjecala na stupanj njihove fragmentacije i diverziteta. U analizi strukture suhozida primijenjena je krajobrazna metrika odnosno indikatori kompozicije i konfiguracije krajobraza (Haines-Young, Chopping, 1996; Gustafson, 1998; McGarigal, McComb, 1999; Kurnatowska, 1999; Turner *et al.*, 2001; Botequilha-Leitão, Ahern, 2002; Botequilha-Leitão *et al.*, 2006; Johnson, Patil, 2007; Lang, Blaschke, 2007).

Nekoliko je temeljnih ciljeva istraživanja: a) određivanje značajki dimenzija mreže suhozida i odabir krajobraznih indikatora koji su najpogodniji za definiranje njezine strukture, b) određivanje temeljnih značajki dimenzija elemenata krajobraza (tipovi geokompleksa) unutar kojih su sadržani dijelovi suhozidne mreže, c) utvrđivanje karaktera i stupnja njihove međusobne povezanosti, tj. međuodnosa značajki suhozidne mreže i antropogenog utjecaja na krajobraz.

Podaci dobiveni GIS analizom obrađeni su metodama krajobrazne metrike i statističkim metodama linearne korelacije i faktorske analize. Višestruka linearna korelacija poslužila je za utvrđivanje karaktera i stupnja povezanosti trinaest varijabli uključenih u analizu. Faktorska analiza provedena je s ciljem redukcije većeg broja varijabli na manji broj faktora koji najbolje defi-



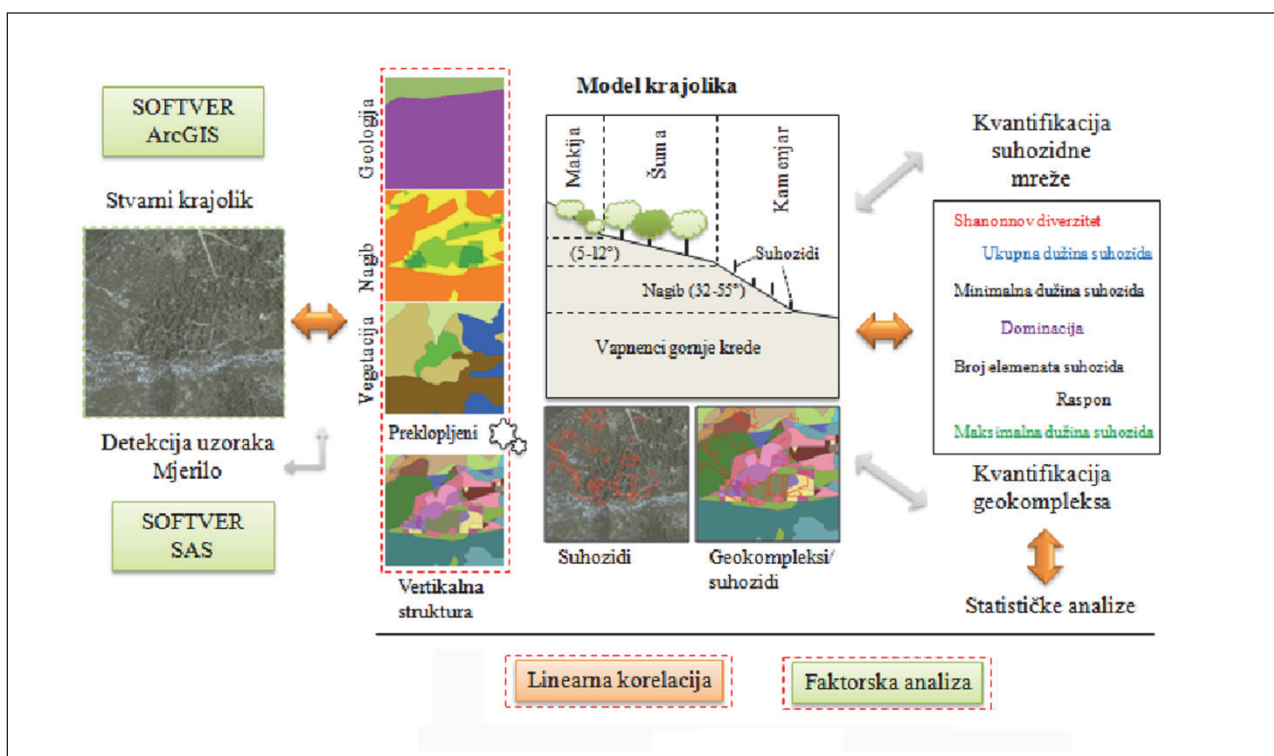
Sl. 1: Istraživano područje s mrežom suhozida.

Fig. 1: Area of investigation with dry stonewall network.

niraju strukturu i kompleksnost suhozidne mreže kao i stupanj antropogenog utjecaja na krajobraz.

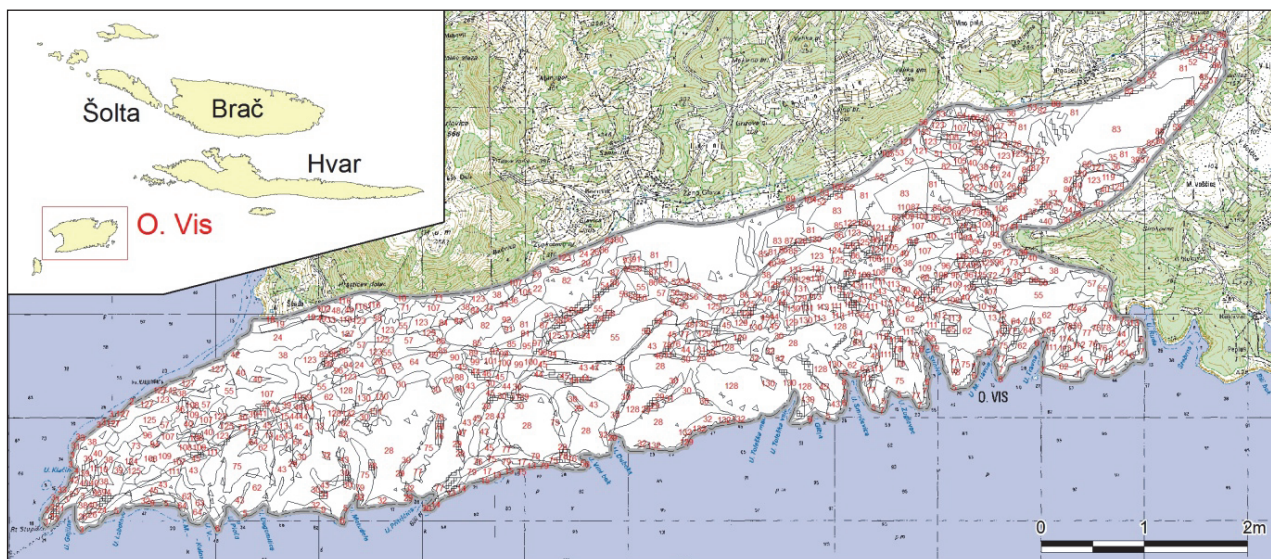
Temeljna je pretpostavka da je ostvarenjem navedenih ciljeva moguće definirati značajke sadašnje strukture suhozidne mreže i pripadajućeg krajobraza južnog Visa kao i generalne obrasce utjecaja društveno-geo-

grafskih procesa tijekom historijsko-geografskog razvoja koji su doveli do njihovog sadašnjeg izgleda i stanja. Sve navedeno trebalo bi poslužiti kao smjernica prilikom odlučivanja o načinu i stupnju zaštite ovog specifičnog prirodnog i kulturnog krajobraza i eventualne revitalizacije u svrhu održivog turističkog vrednovanja.



Sl. 2: Model istraživanja.

Fig. 2: Model of research.



Sl. 3: Prostorni raspored tipova geokompleksa.

Fig. 3: Spatial distribution of geocomplex types.

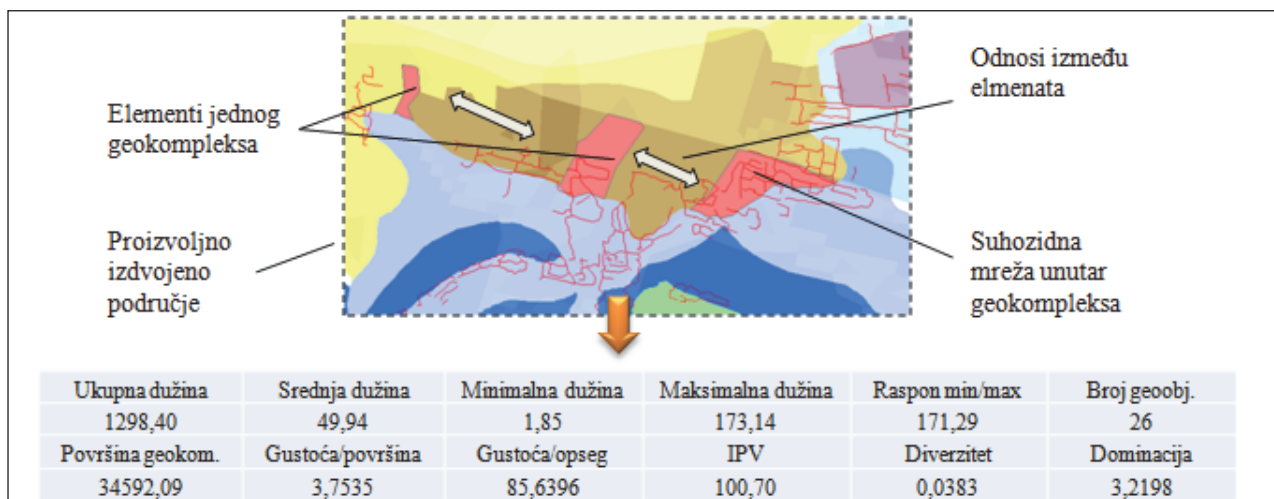
METODOLOGIJA

U znanstvenom procesu, uz opće znanstveno-istraživačke metode, korištene su različite metode, tehnike i procedure. Cilj je bio njihovo integriranje u svrhu dobivanja kvalitetnijih izlaznih rezultata. U istraživanju su primijenjene: GIS metode, metode prikupljanja i obrade podataka (topografske karte Visa u mjerilu 1:25000, ARKOD, DOF-ovi područja, geološke karte), terenska istraživanja, metode geografske prostorne analize, metode krajobrazne metrike, statističke metode, uz izradu tematskih karata.

Nakon postavljanja hipoteze i ciljeva uspostavljen je model istraživanja (Sl. 2). Najprije su određeni parametri

(trinaest varijabli), koji su podijeljeni na antropogene (suhozidna mreža), prirodne/antropogene (tipovi geokompleksa čija se vertikalna struktura sastoji od podataka o litološkom sastavu, nagibima i vegetaciji/korištenju zemljišta) (Lozić i dr., 2012; 2013) i kompozitne (indeksi). Nakon toga, pristupilo se izradi konceptualnog i matematičko - statističkog modela, GIS i statističkim analizama.

Vektorizacijom suhozidne mreže dobiven je novi sloj koji je superponiran na prethodno dobiveni kompozitni sloj sastavljen od parametara prirodnog i kulturnog krajobraza (geologije, nagiba i vegetacije/načina korištenja zemljišta) (Sl. 4) (Lozić i dr., 2012; 2013). Na taj način dobivene su 92 kompleksne prostorne jedinice



Sl. 4: Shema primjene krajobrazne metrike u analizi suhozidne mreže i pripadajućih tipova geokompleksa.

Fig. 4: Landscape metrics application scheme in analysis of dry stonewall network and accompanying geocomplex types.

nice (tipovi geokompleksa sastavljeni od elemenata s pripadajućim suhozidima) (Sl. 3). Navedeni postupci poslužili su kao temelj za daljnju analizu strukture suhozidne mreže i pripadajućeg krajobrazu. Automatsko preklapanje slojeva, njihovo klasificiranje i uređivanje omogućili su primjenu krajobrazne metrike (Haines-Young, Chopping, 1996; Gustafson, 1998; McGarigal, McComb, 1999; Kurnatowska, 1999; Turner et al., 2001; Botequilha-Leitão, Ahern, 2002; Botequilha-Leitão et al., 2006; Johnson, Patil, 2007) u prostornoj analizi suhozidne mreže s pripadajućim tipovima geokompleksa, te klasifikaciju na temelju „natural breaks“ metode (Jenks, 1963; 1967) da bi se dobile odgovarajuće tematske karte pojedinih pokazatelja (Sl. 4).

Nakon uspostavljanja baze podataka, pristupilo se statističkoj analizi (linearna korelacija i faktorska analiza) da bi se utvrdili odnosi između varijabli kao i latentni faktori koji reprezentiraju određene grupe varijabli. Sve navedene metode i postupci omogućili su kvalitetniju interpretaciju rezultata i donošenje odgovarajućih zaključaka.

REZULTATI

Elementi krajobrazu do sada su se opisivali i kategorizirali s različitih aspekata: kao biotopi, staništa, kategorije korištenja zemljišta, kombinacije pokazatelja prirodnih značajki i/ili korištenja zemljišta i sl. (O'Neill et al., 1988; Goigel Turner, 1989; Turner et al., 2001; Lozić et al., 2012). U ovom istraživanju primijenjen je modificirani pristup: elementima krajobrazu pridodana je suhozidna mreža koja predstavlja poveznicu između antropogenog utjecaja i prirodnih uvjeta unutar krajobrazu tijekom historijsko-geografskog razvoja i danas. Ovakav pristup primijenjen je iz razloga što prostorna struktura suhozidne mreže u velikoj mjeri reprezentira fizionomiju prirodnog/kulturnog krajobrazu, ali istovremeno utječe i na ekološke funkcije, fragmentaciju i diverzitet unutar krajobrazu. Također, veliki značaj ima za vizualni izgled i ljudsku percepciju krajobrazu.

Prostorna struktura krajobrazu u uskoj je vezi s kompozicijom i konfiguracijom elemenata krajobrazu. Kompozicija se odnosi na broj i čestinu pojave različitih tipova elemenata krajobrazu, dok konfiguracija obuhvaća prostorni raspored elemenata unutar krajobrazu (McGarigal, Marks, 1995; Gustafson, 1998; Lang, Blaschke, 2007).

U tom kontekstu razvijeni su brojni matematički pokazatelji kako bi se omogućio objektivan opis različitih aspekata strukture krajobrazu (O'Neill et al., 1988; Goigel Turner, 1989; Gustafson, 1998; McGarigal, Marks, 1995; Haines-Young, Chopping, 1996; McGarigal et al., 2002; Boutequilha-Leitão et al., 2006; Lang, Blaschke, 2007). Kvantitativna analiza prostornih obrazaca u krajobrazu predstavlja temelj analize strukture krajobrazu odnosno funkcija i procesa koji su prisutni u njemu. Neke od tih mjera primijenjene su pri analizi strukturnih

značajki suhozidne mreže južnog dijela otoka Visa.

Strukturne značajke mreže suhozida i pripadajućeg krajobrazu

a) Značajke konfiguracije

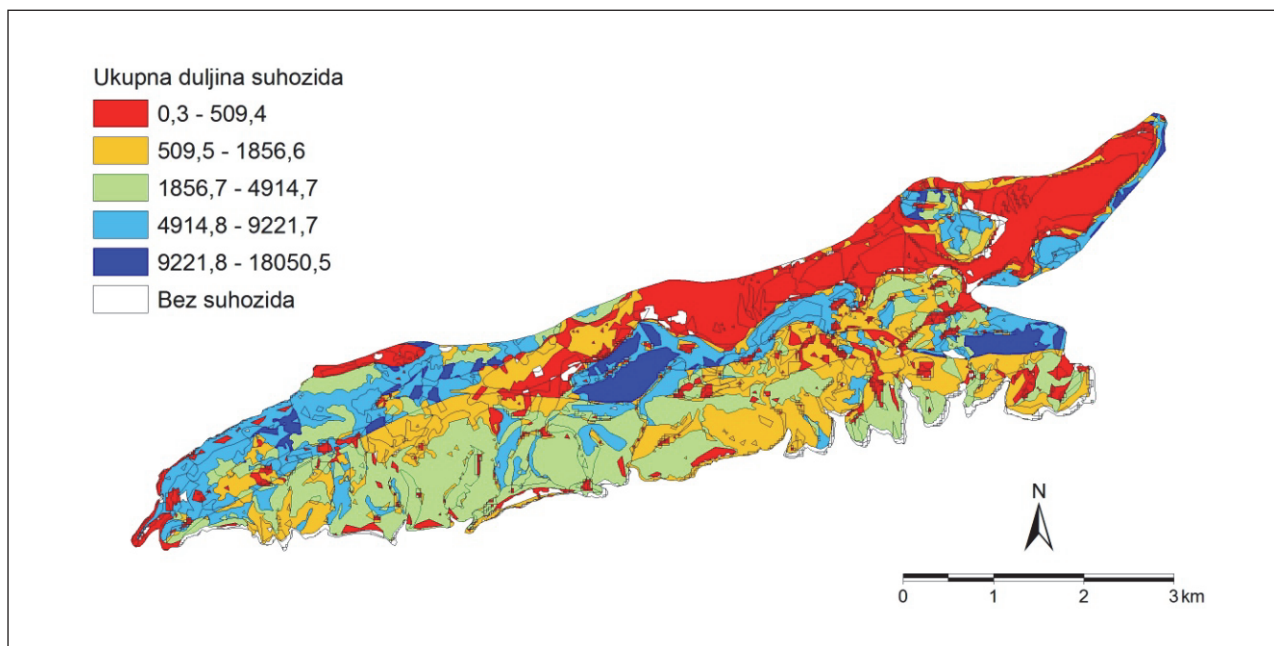
Analizom varijabli konfiguracije elemenata mreže suhozida moguće je dobiti uvid u njihov prostorni raspored, položaj, orijentaciju i stupanj složenosti strukture. Svi ovi pokazatelji ukazuju na stupanj fragmentacije/agregacije odnosno homogenosti/heterogenosti suhozidne mreže kao i pripadajućeg krajobrazu. Za potrebe istraživanja odabrani su pokazatelji ukupne, srednje, minimalne i maksimalne dužine suhozida, standardne devijacije ukupne dužine suhozida, površine i opsega tipova geokompleksa koji sadrže suhozide i indeksi gustoće mreže suhozida (odnosi između ukupne dužine suhozida s površinom i opsegom tipova geokompleksa).

Slično kao i u analizi površina areala elemenata krajolika (Goigel Turner, 1989; Forman, 1995; McGarigal, Marks, 1995; Boutequilha Leitao et al., 2006; Lang, Blaschke, 2010), dužina je najuočljivija i najdominantnija mjera konfiguracije suhozida. Važnost ovog parametra je tim veća jer se veliki broj ostalih mjera direktno ili indirektno izvode iz njega, kao i u činjenici da reprezentira direktni utjecaj suhozida na biotičke veze, tj. raspored i diverzitet biljnih i životinjskih vrsta kao i utjecaj na prekid komunikacije unutar ekosustava i biocenoza. Također, dužina kao element konfiguracije suhozida utječe i na abiotičke procese, npr. stupanj i karakter infiltracije padalina što, u međuovisnosti sa sastavom tla direktno utječe na padinske procese, ako se radi o područjima izraženijeg reljefa. Ovo je od osobitog značaja zbog činjenice da padine s terasama kojima suhozidi služe kao potporni element u većoj mjeri zadržavaju stabilnost, za razliku od onih gdje takvog djelovanja nema. Ovakve padine su u puno većoj mjeri izložene djelovanju egzogeomorfoloških faktora (klimatski utjecaji, gravitacijski procesi i dr.). Sve navedeno vrijedi i za parametre kompozicije od kojih se neki temelje na udjelu dužine suhozida.

Ukupna dužina suhozida (Sl. 5) predstavlja zbroj svih dužina pojedinih suhozida koji tvore više ili manje homogenu mrežu unutar jedinice krajolika (tipa geokompleksa).

Najveća ukupna dužina suhozida (9221,8 - 18050,5 m) utvrđena je na nekoliko areala, od kojih se najveći nalazi u središnjem dijelu istraživog područja (Sl. 5). Drugi areal s najvećim dužinama suhozida, nešto manje površine, nalazi se na krajnjem istočnom dijelu. Ostali areali fragmentarno su raspršeni na manjim područjima u SZ dijelu i bitno su manje površine nego prethodna dva areala.

Najmanja ukupna dužina suhozidne mreže (0,3 - 509,4 m) utvrđena je na područjima krških polja na sjevernom dijelu istraživog područja (Sl. 5), što je i



Sl. 5: Ukupna dužina suhozidne mreže.

Fig. 5: Total length of dry stonewall network.

razumljivo s obzirom na to da se radi o intenzivno korištenim obradivim površinama gdje nije bilo potrebe za gradnjom takve vrste.

Prosječna dužina suhozida predstavlja aritmetičku sredinu dužina suhozida izmjerenih unutar svih geokompleksa koji sadržavaju suhozide unutar tipova i predstavlja važnu prostornu komponentu tradicionalnog kulturnog krajobrazu zbog usporedivosti mreže suhozida različitih tipova geokompleksa, zbog čega ima iznimnu važnost kao indikator antropogeno uvjetovane homogenosti/heterogenosti krajobrazu (Liang, 2008).

Područja s nižim vrijednostima srednje dužine suhozida ukazuju na veći stupanj fragmentacije krajobrazu, slično područjima s manjom srednjom površinom areala krajobraznih prostornih jedinica (tipova geokompleksa).

Iako se radi o relativno jednostavnom krajobraznom indeksu, njegov značaj u istraživanjima krajobrazu je velik zbog visoke osjetljivosti na sve promjene u krajobrazu. Uz ostale pokazatelje, prikladan je za komparativnu analizu stupnja fragmentacije/agregacije elemenata suhozida (Liang, 2008).

Na temelju podataka o ukupnim dužinama suhozida unutar svakog tipa geokompleksa određene su njihove **standardne devijacije** koje su dobar pokazatelj homogenosti/heterogenosti mreže suhozida, a vrijednosti za različite tipove geokompleksa pogodne su za usporedbu. Stupanj homogenosti/heterogenosti direktna je posljedica prirodne predispozicije zemljišta za ograđivanje i terasiranje.

Površina tipova geokompleksa (osnovnog elementa krajobrazu), kao i svi ostali parametri koji se izvode iz nje, jedan je od temeljnih indikatora procesa unutar

krajobrazu (abiotičkih, biotičkih i antropogenih). Veličina elementa krajobrazu, na svim razinama, utječe na strukturne i funkcionalne značajke kao i na procese unutar ekosustava (raspored vrsta i njihov diverzitet, količinu biomase, primarnu produktivnost i dr.). Osim toga, ovaj parametar ukazuje i na fragmentaciju staništa i ekosustava u cjelini. Npr. tip krajobrazu čiji su elementi brojniji i manje površine u odnosu na neki drugi tip u većoj je mjeri fragmentiran (McGarigal, Marks, 1995). Ova fragmentacija posljedica je kombiniranog utjecaja prirodnih i antropogenih faktora tijekom historijsko-geografskog razvoja.

Opseg („edge“) tipova geokompleksa je temeljni parametar koji reprezentira oblik elementa krajobrazu. S obzirom na to da se radi o graničnoj liniji između dvaju ili više geokompleksa ili tipova geokompleksa na višoj razini, javlja se tzv „granični efekt“ („edge effect“, Lang, Blaschke, 2007) koji ukazuje na promjene u mikroklimatskim značajkama, prirodnim ili antropogeno uvjetovanim poremećajima (demografskim i gospodarskim procesima) koji mijenjaju kompoziciju i strukturu vegetacijskog pokrova, kao i značajke životinjskog svijeta). Također, značajke granične zone u velikoj mjeri utječu na ekološke procese, kao što su npr. izmjena mase i energije i migracije biljnog i životinjskog svijeta duž ili preko granične linije (Gutzwiller, Anderson, 1992).

Omjer opsega i površine tipova geokompleksa (SHAPE) predstavlja indeks oblika elementa krajobrazu i u analizama se koristi kao mjera kompleksnosti/kompaktnosti oblika, koja se odražava na različite ekološke procese (Forman, 1995). Računa se prema formuli (Lang, Blaschke, 2007):

$$SHAPE = \frac{p}{2\sqrt{\pi a}}$$

gdje je:

p = opseg elementa,

a = površina elementa

Npr. element krajobraza koji ima oblik sličan kružnici ili kvadratu, imat će malu dužinu opsega i veću površinu središnjeg područja („core area“). Suprotno tome, dugački, uski i nepravilni oblici elemenata krajobraza, imat će veliku dužinu opsega ali manju površinu središnjeg područja ili jezgre, unatoč velikoj ukupnoj površini. Unutar kompaktnijih elemenata krajobraza, organizmi se mogu neometano kretati ili rasprostrirati, dok linearni, nepravilni i izduženi oblici često utječu na prekid u komunikaciji ili kontinuiranom rasprostranjenju.

Većina mjera koje se odnose na oblik predstavlja neke od varijacija temeljnog odnosa opseg - površina (Krummel et al., 1987). Kompleksniji oblici imat će veći opseg i, posljedično, veći indeks opsega i površine. Također, oblik utječe i na magnitudu i karakteristike interakcija između elemenata krajobraza s njihovim susjedstvom, prije svega kroz „granični efekt“ (Collinge, 1996) i procese koji se odvijaju u graničnim područjima.

Indeksi gustoće (odnos ukupne dužine suhozida i površine/opsega tipova geokompleksa) reprezentiraju fragmentaciju suhozidne mreže i pripadajućeg krajobraza. Ovi pokazatelji su od velikog značaja jer odražavaju

stupanj antropogenog utjecaja na fragmentaciju ekosustava krajobraza.

Da bi se dobila potpunija slika o stupnju interakcije prirodnog krajobraza i mreže suhozida kao pokazatelja antropogeno uzrokovane fragmentacije, ukupna dužina suhozida dovedena je u vezu s ukupnom površinom i opsegom svakog tipa geokompleksa, prema izrazima:

$$C_1 = n/A, \text{ (Gao et al., 2011)}$$

i

$$C_2 = n/P$$

gdje je:

C_1 = indeks gustoće 1 (dužina/površina),

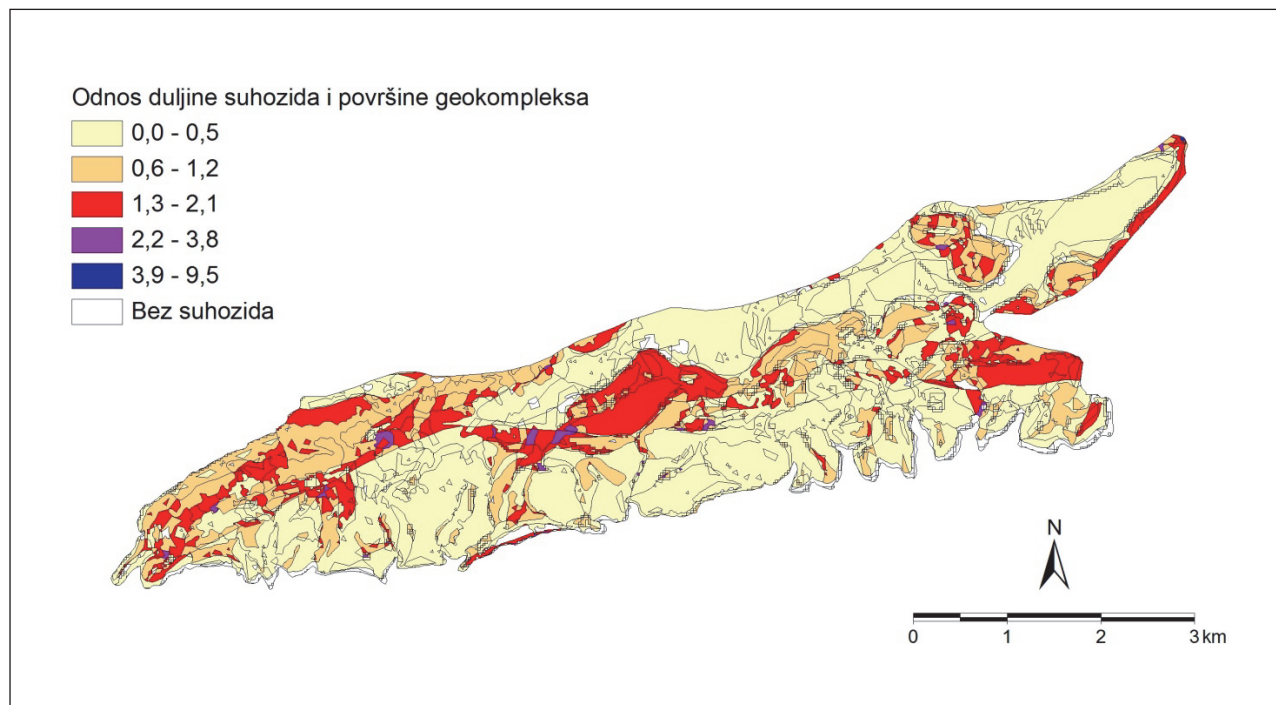
C_2 = indeks gustoće 2 (dužina/opseg),

n = ukupna dužina suhozida,

A = površina tipa geokompleksa

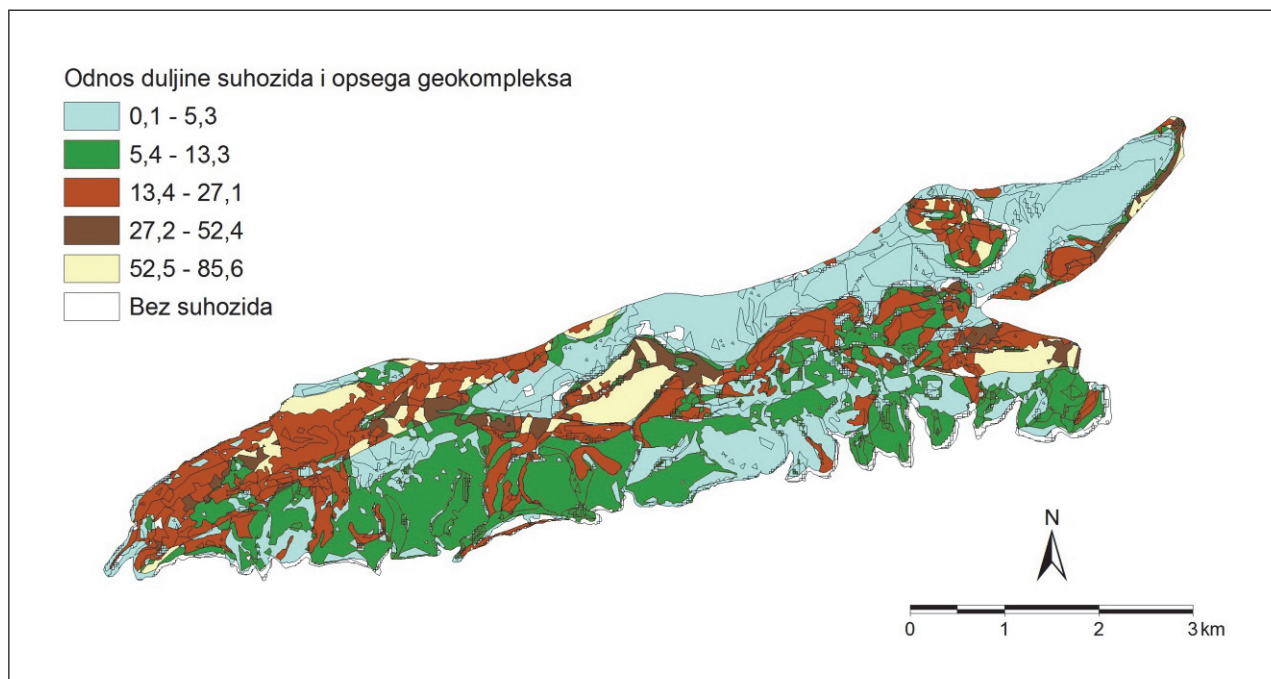
P = opseg tipa geokompleksa

Na taj način omogućena je prostorna diferencijacija područja južnog Visa na područja različitih značajki antropogenog utjecaja na prirodni krajobraz (Sl. 6 i 7). Ovi pokazatelji pružaju vrlo korisnu informaciju o stupnju i karakteru antropopresije unutar pojedinih tipova geokompleksa i mogu biti smjernica prilikom odabira odgovarajućih tehnoloških postupaka (u smislu veće ili manje zahtjevnosti) prilikom eventualne revitalizacije krajobraza.



Sl. 6: Odnos duljine suhozidne mreže i površine tipova geokompleksa.

Fig. 6: Relationship of length of dry stonewalls network and area of geocomplex types.



Sl. 7: Odnos duljine suhozidne mreže i opsega tipova geokompleksa.

Fig. 7. Relationship of length of dry stonewalls network and perimeter of geocomplex types.

b) Značajke kompozicije mreže suhozida unutar prostornih jedinica krajobraza

Prostorna kompozicija odnosi se na broj elemenata suhozida i značajke diverziteta/dominacije i fragmentacije/agregacije unutar pojedinačnih tipova geokompleksa kao i krajobraza u cjelini. Kompozicija nije prostorno eksplicitna značajka jer se odnosi na brojnost i raznolikost, ali ne i na prostorni raspored unutar elementa krajobraza (Boutequilha-Leitão et al., 2006).

S obzirom da je veliki broj vrsta ograničeno značajkama staništa (McGarigal, Marks, 1995), poznavanje kompozicije elemenata i mreže suhozida od velikog je značaja, jer parametri kompozicije ukazuju na stupanj utjecaja na biotičke veze, tj. raspored i diverzitet biljnih i životinjskih vrsta kao i prekid ili uspostavljanje komunikacije unutar biocenoza i ekosustava. Također, kompozicija suhozida reprezentira i abiotičke procese, npr. stupanj i karakter infiltracije padalina što, u međuovisnosti sa sastavom tla, direktno utječe na padinske procese ako se radi o područjima izraženijeg reljefa. Ovo je od osobitog značaja zbog činjenice da padine s terasama kojima suhozidi služe kao potporni element u većoj mjeri zadržavaju stabilnost, za razliku od onih gdje takvog djelovanja nema. Ovakve padine su u puno većoj mjeri izložene djelovanju egzogeomorfoloških faktora (npr. derazijski procesi i dr.).

Broj elemenata suhozidne mreže (Richness index), kao osnovnih elementarnih čestica mreže suhozida, pokazatelj je fragmentacije mreže suhozida unutar tipova geokompleksa, ne uzimajući pri tome u obzir njihov

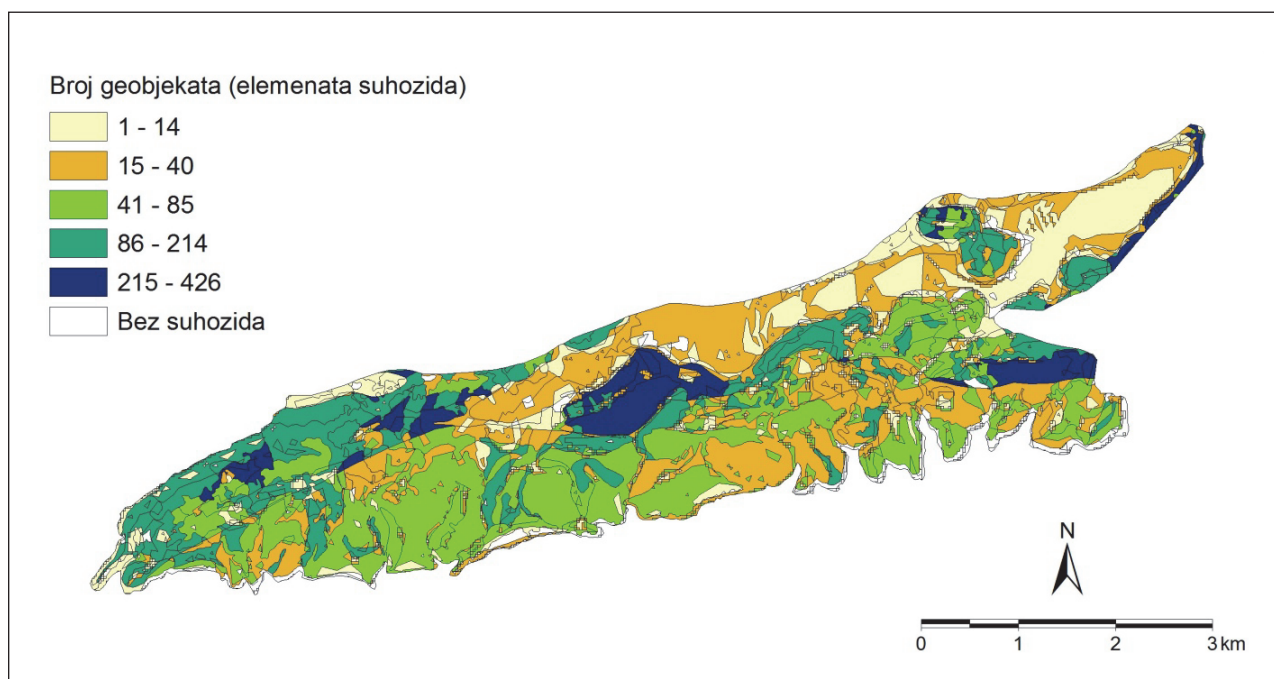
prostorni karakter, raspored ili položaj unutar mreže suhozida. Određuje se prema izrazu $R = m$, gdje je m broj osnovnih elemenata suhozida prisutnih unutar skupa.

Ovaj pokazatelj ima široku primjenu kao temeljna mjera kompozicije i diverziteta strukture suhozida ali i tipa geokompleksa na kojem se određen skup suhozida nalazi (Sl. 8). Sve to ima značajne implikacije na fragmentaciju i diverzitet abiotičkih i biotičkih elemenata krajobraza, izmjenu energije i raspored prirodnih resursa. Također, ovaj pokazatelj jedan je od bitnih komponenta nekih mjera diverziteta, kao što su npr. Shannonov ili Simpsonov indeks diverziteta (Lang, Blaschke, 2010).

Shannonov indeks diverziteta je kompozitna mjera broja elemenata (*Richness*) i jednolikosti raspodjele (*Evenness*) (McGarigal, Marks, 1995; Lang, Blaschke, 2010; Boutequilha-Leitão et al., 2006). Ovisno o cilju istraživanja, naglasak može biti na brojnosti elemenata, pri čemu se kao mjera koristi Shannonov indeks diverziteta (SDI; Shannon, Weaver, 1949), ili na jednolikosti raspodjele, za što je prikladniji Simpsonov indeks (Nagendra, 2002).

Primjena indeksa diverziteta u analizama prirodnog krajobraza detaljno je opisana u literaturi (McGarigal, Marks, 1995; Boutequilha-Leitão et al., 2006; Lang, Blaschke, 2010; Dušek, Popelkova, 2012; i mnogi drugi autori).

U ovom istraživanju Shannonov indeks diverziteta primijenjen je simultano na elemente suhozidne mreže i pripadajućeg prirodnog krajobraza, pri čemu su uzete u obzir dvije komponente: broj individualnih elemenata mreže suhozida unutar tipova geokompleksa kao i broj individualnih geokompleksa unutar tipova koji sadrže

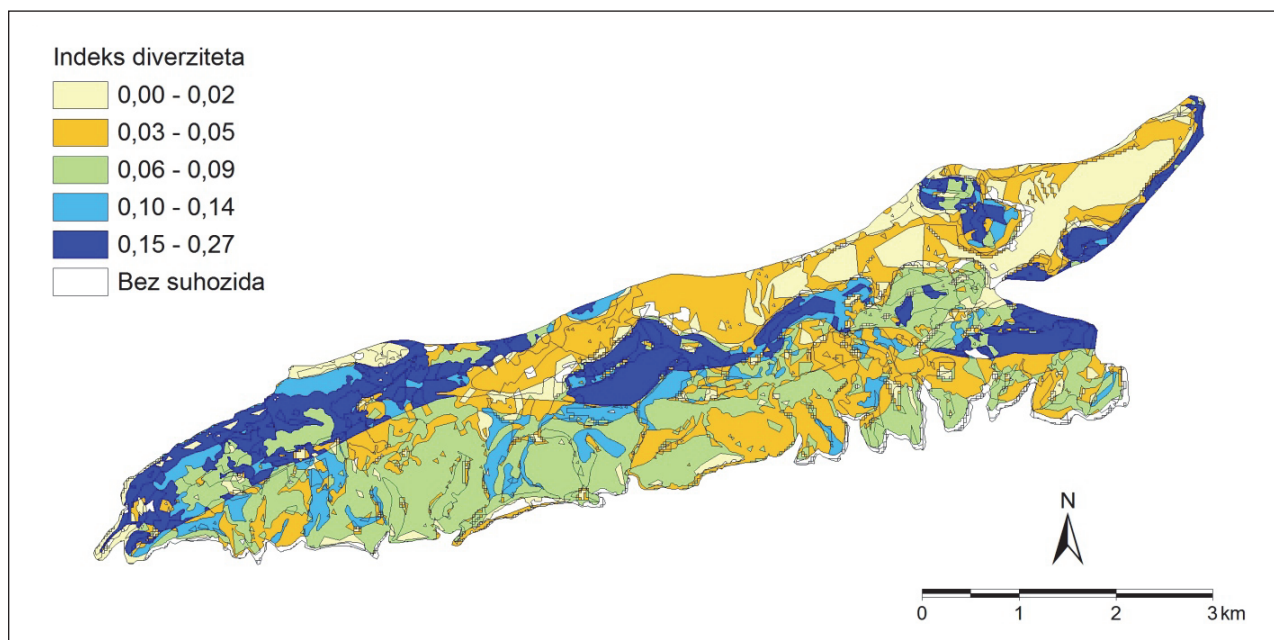


Sl. 8: Broj geoobjekata (individualnih elemenata suhozidne mreže) unutar tipova geokompleksa.
Fig. 8: Number of geobjects (individual elements of dry stonewall network) within geocomplex types.

vaju suhozide (Sl. 9). Ova modifikacija je od važnosti jer su na taj način reprezentirane značajke diverziteta oba organski povezana elementa krajobraza. Vrijednost diverziteta svakog individualnog tipa geokompleksa može se razmatrati u odnosu na ostale individualne tipove ili krajobraz u cjelini, što omogućava kompleksniju i

potpuniju detekciju dijelova krajobraza kojima je potrebno posvetiti posebnu pažnju prilikom eventualne revitalizacije i revalorizacije (agrarne ili turističke).

U ovom slučaju, indeks diverziteta označava frekvenciju pojavljivanja pojedinačnih elemenata suhozidne mreže unutar prostornih jedinica krajobraza, koja



Sl. 9: Prostorni raspored indeksa diverziteta suhozidne mreže unutar tipova geokompleksa.
Fig. 9: Spatial distribution of dry stonewall network diversity index within geocomplex types.

istovremeno ukazuje na stupanj fragmentacije krajobraza. Ovaj pokazatelj izračunat je za sva 92 tipa geokompleksa sa suhozidima kao i za krajobraz u cjelini, prema izrazu:

$$H = \sum_{i=1}^s -(p_i \times \log p_i)$$

$$p_i = \frac{N_i}{N}$$

gdje je:

N_i = broj elemenata suhozida unutar određenog tipa geokompleksa

N = broj elementa suhozida unutar svih geokompleksa (cijelog krajobraza)

s = broj geokompleksa (unutar pojedinog tipa geokompleksa)

Vrijednosti SDI rastu s povećanjem broja individualnih elemenata suhozida unutar pripadajućih tipova geokompleksa odnosno sa stupnjem proporcionalne distribucije broja elemenata suhozida i površine tipa geokompleksa u odnosu na sve druge skupove suhozida s pripadajućim tipovima geokompleksa. Drugim riječima, maksimalne vrijednosti SDI javljaju se kada su proporcije ili udjeli svih tipova geokompleksa s pripadajućim suhozidima jednaki, a opadaju ako se razlike u proporcijama povećavaju (McGarigal, Marks, 1995; Lang, Blaschke, 2010; Boutequilha-Leitão et al., 2006).

Indeks dominacije odražava stupanj dominacije jedne ili više mreža suhozida zajedno s pripadajućim tipovima geokompleksa. Drugim riječima, ovaj indeks je mjera odstupanja pojedinačnih vrijednosti diverziteta od maksimalne vrijednosti na razini cijelog krajobraza (O'Neill et al., 1988; Hulshoff, 1995; McGarigal, Marks, 1995). Vrijednost indeksa dominacije proporcionalna je veličini broja elemenata (*Richness*) i jednolikosti raspodjele (*Eveness*) (McGarigal, Marks, 1995; Boutequilha-Leitão et al., 2006; Lang, Blaschke, 2010; Gao et al., 2011). Ukoliko je indeks dominacije za pojedini skup suhozida unutar tipa geokompleksa veći, ukazuje na veći stupanj dominacije u odnosu na ostale, i obratno.

Indeks dominacije računa se prema slijedećem izrazu:

$$D = H_{\max} + \sum_{i=1}^s (p_i \times \log p_i)$$

$$H_{\max} = \log(s)$$

$$p_i = \frac{N_i}{N}$$

gdje je

$H_{\max}$ = maksimalna vrijednost indeksa diverziteta

N_i = broj elemenata suhozida unutar određenog tipa geokompleksa

N = broj elementa suhozida unutar svih tipova geokompleksa (cijelog krajobraza)

s = broj individualnih geokompleksa unutar pojedinog tipa geokompleksa

Korelacija između SDI i indeksa dominacije u ovom slučaju skoro potpuna, tj. $r = 0,98$ (Tabela 1), što znači da su područja s izraženim diverzitetom istovremeno i dominantna, i obratno.

Odnosi između varijabli i njihov značaj za procjenu fragmentacije i diverziteta krajobraza

Da bi se utvrdila jačina veze između varijabli strukture krajolika, provedena je Pearsonova analiza linearne korelacije (Atauri, de Lucio, 2001). S obzirom na to da se radi o parametrijskom testu, prije samog postupka bilo je potrebno provesti analizu normalnosti raspodjele za svaku pojedinu varijablu (Tabachnik, Fidel, 2007). Utvrđeno je da većina varijabli nema normalnu raspodjelu, zbog čega je provedena transformacija (kvadratna ili logaritamska, ovisno o varijabli). Na taj način dobivene su približno normalne raspodjele vrijednosti varijabli, čime su zadovoljeni uvjeti parametrijske korelacije i svih ostalih parametrijskih postupaka.

Iz dobivenih rezultata predstavljenih korelacijskom matricom (Tabela 1), može se utvrditi da postoji značajna povezanost između velikog broja varijabli. Ako se korelacijska matrica raščlani prema stupnjevima jačine povezanosti varijabli, odnosi među varijablama i njihov doprinos razumijevanju strukture suhozidne mreže i pripadajućeg krajobraza i s njome povezanih procesa u krajobrazu postaju jasniji. Zbog opsežnosti korelacijske matrice, ovdje su predstavljeni samo najvažniji odnosi među varijablama.

Velika ukupna dužina suhozida u pozitivnom smjeru povezana je sa srednjom, maksimalnom i minimalnom (u negativnom smjeru) dužinom kao i njihovim rasponom. Također je visoko povezana s varijablama krajobraza (broj geoobjekata, površina i opseg geokompleksa u pozitivnom smjeru), te kompozitnom varijablom suhozida i krajobraza (Gustoća 2). Područja s velikom ukupnom dužinom suhozidne mreže sastoje se i od većeg broja geoobjekata od kojih je veliki udio onih s maksimalnom dužinom. Razlike između standardne devijacije dužina pojedinih geoobjekata (varijabla STD), u odnosu na ukupnu dužinu svih geoobjekata unutar tipova geokompleksa izrazito su velike, što upućuje na raznolikost i heterogenost suhozidne mreže. Povezanost ukupne dužine suhozidne mreže s površinom elemenata krajobraza je visoka ($r = 0,75$) što znači da se površine s velikom dužinom suhozidne mreže uglavnom nalaze i na većim područjima. Također, s porastom površine ele-

menata krajobraza raste prosječna i maksimalna dužina suhozida, dok se broj suhozida manje dužine smanjuje. Značajna je pozitivna povezanost ukupne dužine s rasponom dužine suhozida, što ukazuje na rast diverzificiranosti suhozidne mreže s porastom površine.

Varijabla Srednja dužina suhozida pokazuje slične značajke povezanosti s ostalim varijablama kao i varijabla Ukupna dužina, samo slabijeg intenziteta. To je i razumljivo jer se radi o aritmetičkim sredinama vrijednosti dužina suhozidnih mreža.

Varijabla Minimalna dužina suhozida pokazuje negativnu povezanost s gotovo svim varijablama, izuzev varijabli Srednja dužina suhozida, SHAPE i Gustoća 1 i 2, gdje je povezanost pozitivna ali slaba ($<4,0$). Ovakvi odnosi upućuju na zaključak da se smanjivanjem dužine elemenata suhozidne mreže povećava stupanj fragmentacije, što potvrđuje i značajna negativna povezanost s varijablama diverziteta i dominacije ($-0,69$ odnosno $-0,68$). Prema tome, i ova varijabla, kao direktan odraz antropogenog utjecaja na strukturu suhozidne mreže, predstavlja dobar pokazatelj fragmentacije i heterogenosti.

S obzirom na visoku međusobnu pozitivnu povezanost varijabli ukupne dužine suhozida, površine i opsega pripadajućih elemenata krajobraza, diverziteta i dominacije, jasno je da se radi o pokazateljima koji imaju veliki značaj za kvantifikaciju strukturnih značajki krajobraza unutar cijelog područja južnog Visa. Povezanost ukupne dužine suhozidne mreže s površinom elemenata krajobraza je visoka ($r=0,75$) što znači da se površine s velikom ukupnom dužinom suhozidne mreže uglavnom nalaze i na većim područjima. Također, s porastom površine elemenata krajobraza raste prosječ-

na i maksimalna dužina suhozida, dok se broj suhozida manje dužine smanjuje. Značajna je i pozitivna povezanost površine tipova geokompleksa sa standardnom devijacijom, što ukazuje na porast heterogenosti suhozidne mreže s porastom površine.

Povezanost varijable Ukupna dužina s kompozitnom varijablom Gustoća 2 značajna je ($0,70$). Razlog je specifičnost varijable opsega koja je sadržana u ovom odnosu, odnosno činjenice da ona reprezentira dužinu rubne linije geokompleksa koja može biti vrlo različita, o čemu ovisi karakter i opseg procesa koji se odvijaju u graničnim zonama između različitih tipova geokompleksa.

Još bolji i točniji pokazatelj utjecaja suhozidne mreže na krajobraz je varijabla oblika (SHAPE). Ukoliko se razmotri odnos ukupne dužine suhozida i oblika elemenata krajobraza (SHAPE), uočljivo je da s porastom ukupne dužine suhozida rastu i vrijednosti indeksa oblika, što znači da je veća dužina suhozidne mreže zastupljena na dijelovima krajobraza koji su nepravilnijeg i/ili linearnog oblika, s često manjim područjem „jezgre“ („core area“, Goigel Turner, 1989; McGarigal, Marks, 1995; McGarigal et al., 2002; Boutequilha-Leitão et al., 2006; Lang, Blaschke, 2007). Ova činjenica ukazuje na značaj antropogenog utjecaja, izraženog kroz elemente strukture suhozidne mreže, na modifikaciju oblika a time i na funkcije i procese unutar ekosustava krajobraza.

Osim s varijablom ukupne dužine, varijabla oblika (SHAPE) pozitivno je povezana s gotovo svim ostalim varijablama strukture suhozidne mreže i pripadajućeg krajobraza (osobito s dužinom opsega elemenata krajobraza). Značajna je slaba povezanost s varijablama gustoće, što ukazuje na činjenicu da veći utjecaj na

Tabela 1: Korelacijska matrica odnosa između varijabli.
Table 1: Correlation matrix of variables relationship.

Varijabla	UkDuzSuh	SredDuzSuh	MinDuzSuh	MaxDuzSuh	STD	BrojGeoob	PovGeok	OpsGeok	SHAPE	Gustoca1	Gustoca2	DIV	DOM
UkDuzSuh	1,000000	0,757697	-0,627713	0,947514	0,835643	0,978585	0,752423	0,715368	0,597044	0,453169	0,704408	0,979057	0,965045
SredDuzSuh		1,000000	-0,259148	0,827879	0,782098	0,615535	0,494554	0,401462	0,211978	0,447454	0,691009	0,617385	0,608215
MinDuzSuh			1,000000	-0,549944	-0,562774	-0,691319	-0,475902	-0,494669	-0,489027	-0,249504	-0,355325	-0,694478	-0,681374
MaxDuzSuh				1,000000	0,924558	0,897752	0,710882	0,658715	0,517628	0,437288	0,693498	0,897770	0,887859
STD					1,000000	0,775739	0,590414	0,537031	0,536046	0,424038	0,647267	0,781897	0,771573
BrojGeoob						1,000000	0,754560	0,736605	0,651002	0,418031	0,646882	0,999018	0,986037
PovGeok							1,000000	0,967361	0,792739	-0,235210	0,104678	0,753369	0,754430
OpsGeok								1,000000	0,912588	-0,251666	0,022863	0,735580	0,738297
SHAPE									1,000000	-0,188539	-0,061009	0,648718	0,650167
Gustoca1										1,000000	0,908348	0,420570	0,396323
Gustoca2											1,000000	0,649169	0,626222
DIV												1,000000	0,985104
DOM													1,000000

Marked correlations are significant at $p < ,05$; $N = 95$

UkDuzSuh = ukupna dužina suhozida; *SredDuzSuh* = prosječna dužina suhozida; *MinDuzSuh* = minimalna dužina suhozida; *MaxDuzSuh* = maksimalna dužina suhozida; *STD* = standardna devijacija; *BrojGeoob* = broj geoobjekata (elemenata suhozidne mreže); *PovGeok* = površina tipova geokompleksa; *OpsGeok* = opseg tipova geokompleksa; *SHAPE* = oblik tipova geokompleksa; *Gustoca 1/2* = odnos ukupne dužine suhozida i površine/opsega tipova geokompleksa; *DIV* = Shannonov indeks diverziteta; *DOM* = indeks dominacije.

UkDuzSuh = total dry stonewall length; *SredDuzSuh* = average dry stonewall length; *MinDuzSuh* = minimal dry stonewall length; *MaxDuzSuh* = maximum dry stonewall length; *STD* = standard deviation; *BrojGeoob* = number of dry stonewall network objects; *PovGeok* = area of geocomplex types; *OpsGeok* = perimeter of geocomplex types; *SHAPE* = shape of geocomplex types; *Gustoca 1/2* = the ratio of total dry stonewall length and area/perimeter of geocomplex types; *DIV* = Shannon diversity index; *DOM* = domination index.

Tabela 2: Kumulativne svojstvene vrijednosti glavnih faktora.**Table 2: Cumulative eigenvalues of main factors.**

Value	Eigenvalues Extraction: principal components			
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	8,691	66,856	8,691	66,856
2	2,594	19,960	11,286	86,817

promjene u krajobrazu imaju strukturni elementi suhozidne mreže (povezani s načinom gradnje i prostornim rasporedom) nego udaljenost između elemenata suhozidne mreže, odnosno gustoća izgrađenosti u odnosu na površinu i opseg elemenata krajobraza.

Značajna povezanost varijable oblika (SHAPE) s varijablama diverziteta i dominacije ($r = 0,65$) ukazuje na komplementarnost procesa diverzifikacije krajobraza suhozida i fragmentacije prirodnog krajobraza. To potvrđuju i visoki koeficijenti korelacije između varijabli diverziteta i dominacije s gotovo svim varijablama strukture suhozidne mreže.

Rezultati analize odnosa između varijabli ukazuju na činjenicu da se iz elemenata strukture suhozidne mreže, kao i iz njihovog međuođnosa s elementima prirodnog krajobraza, mogu determinirati posljedice procesa transformacije izvornog krajobraza uzrokovane antropogenim utjecajem. To se prije svega odnosi na značajke heterogenosti/homogenosti (diverziteta) i

fragmentacije/agregacije krajobraza, što ima direktan utjecaj na abiotičke i biotičke procese koji se odvijaju unutar postojećih ekosustava.

Faktorska analiza provedena je kao komplementarna analiza linearnoj korelaciji, s ciljem da se utvrdi kovarijanca između većeg broja manje ili više povezanih varijabli (Riiteers et al., 1995; Tabachnik, Fidell, 2007), na temelju čega ih se grupira u smislene kombinacije manjeg broja nezavisnih (ortogonalnih) faktora (Timm, 2002; Lin et al., 2002; Tabachnik, Fidell, 2007). Interpretacija značenja pojedinih faktora temelji se na veličini faktorskih bodova svake varijable u modelu (Quinn, Keough, 2002). Uvjeti za provedbu faktorske analize prethodno su postignuti normalizacijom, čime je postignut linearni odnos među varijablama.

Trinaest varijabli kompozicije i konfiguracije reducirano je faktorskom analizom (metoda glavnih komponenta) (Mardia et al., 1979; Riitters, et al., 1995; Timm, 2002; Lin et al., 2002; Johnson, Wichern, 2007; Tab-

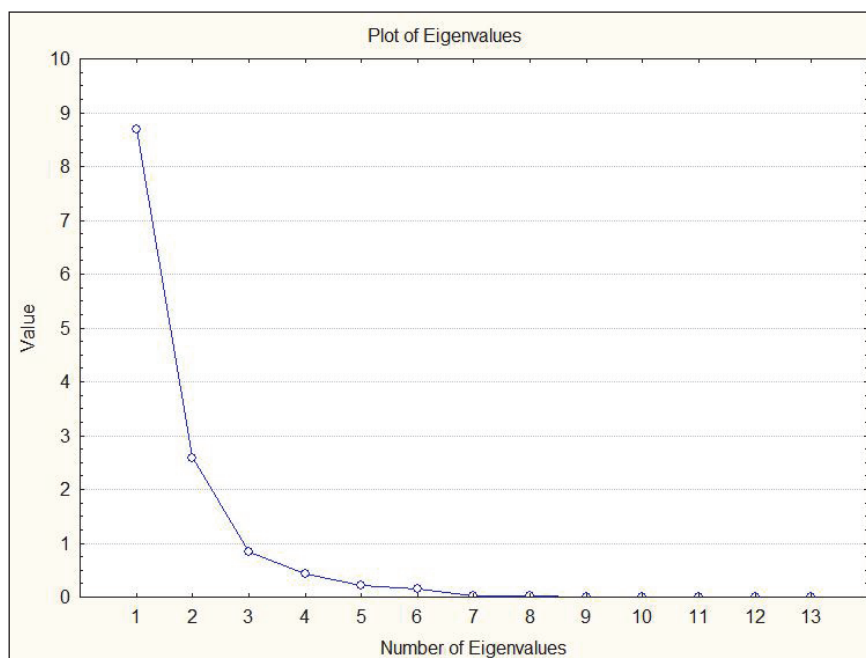
**Sl. 10: Graf pada svojstvenih vrijednosti u faktorskoj analizi trinaest varijabli strukture suhozidne mreže.****Fig. 10: Graph showing decrease of eigenvalues in factorial analysis of thirteen variables of dry stonewall network.**

Tabela 3: Faktorska struktura prema varijablama.**Table 3: Factor structure of variables.**

	Factor Loadings (Varimax norm.)	
	Extraction: Principal comp.	
	(Marked loadings are > ,700000)	
Varijable	Factor 1	Factor 2
UkDužSuh	0,694802	0,709871
SrDužSuh	0,337601	0,726301
MinDužSuh	-0,560825	-0,393612
MaxDužSuh	0,633679	0,726801
STD	0,523626	0,713520
BrojGeoob	0,733736	0,645168
PovGeok	0,957892	0,104965
OpsGeokomp	0,991250	0,028822
SHAPE	0,915384	-0,050871
UkDuž_PovGeo	-0,276520	0,906579
UkDuž_OpsGeo	-0,011740	0,987514
DIV	0,732288	0,648140
DOM	0,737457	0,628169
Expl.Var	6,020103	5,266142
Prp.Totl	0,463085	0,405088

chnik, Fidell, 2007) na manji broj latentnih varijabli s ciljem smanjenja broja varijabli koje opisuju značajke varijabilnosti sustava odnosno fragmentacije (diverzitet) mreže suhozida i pripadajućeg prirodnog i kulturnog krajobraza. Istovremeno, utvrđene su i međusobne veze varijabli unutar faktora, te međusobna korelacija faktora, što je od značaja prilikom interpretacije njihovog utjecaja na strukturu krajobraza. Faktorska struktura optimizirana je pomoću normalizirane varimax rotacije (Tabela 2). U ovom slučaju trinaest varijabli svedeno je na dva faktora (s karakterističnom vrijednošću >1) koji zajedno objašnjavaju 86,82% ukupne varijance (Tabela 2, Sl. 10).

Ako se razmotri ukupni doprinos svakog faktora, uočljiva je izrazita dominacija faktora 1, koji objašnjava 66,86% ukupne varijance. Drugi faktor sudjeluje s 19,96% objašnjene varijance.

Ako se analiziraju faktorska opterećenja, uočljivo je da su za prvi faktor jače vezane varijable strukture elemenata krajobraza (izuzev varijable Broj geoobjekata, DIV i DOM) (Tabela 3). Za ove varijable karakteristično je da su uglavnom složene, tj. radi se o parametrima strukture krajobraza izraženim kroz indekse. Drugi faktor najopterećeniji je varijablama Gustoća 1 i Gustoća 2, odnosno kompozitnim varijablama odnosa suhozidne mreže i krajobraza (omjeri ukupne dužine suhozida i površine/opsega tipa geokompleksa), te varijablama strukture suhozidne mreže.

Prvi faktor može se definirati kao faktor strukture elemenata krajobraza odnosno diverzifikacije i fragmentacije kao posljedica promjena u strukturi i obliku krajobraznih elemenata uslijed dugotrajnog antropogenog

utjecaja. Na ovo ukazuju vrlo visoka faktorska opterećenja varijabli površine i opsega tipova geokompleksa i oblika (SHAPE).

Drugi faktor mogao bi se definirati kao faktor strukture i gustoće suhozidne mreže i pripadajućih elemenata krajobraza odnosno kao faktor antropopresije, tj. antropogeno uvjetovane fragmentacije i diverzifikacije krajobraza (kao posljedice načina i intenziteta gradnje) koju reprezentiraju strukturne značajke mreže suhozida kao i gustoća izgrađenosti suhozidne mreže unutar elemenata krajobraza.

Faktorskom analizom značajke strukture suhozidne mreže i njihov utjecaj na diverzifikaciju/fragmentaciju pripadajućeg krajobraza objašnjeni su minimalnim brojem faktora, što potvrđuje primjerenost odabranih varijabli i pojednostavljuje eventualne daljnje analize. Također, omogućuje precizniju determinaciju varijabli koje reprezentiraju antropogeni utjecaj na krajobraz, kao i njihov relativni doprinos u okviru navedenog utjecaja u cjelini, što je i jedan od glavnih ciljeva ovog istraživanja.

RASPRAVA

Fragmentacija krajobraza je proces kojim se veća staništa dijele u više manjih, u manjoj ili većoj mjeri izoliranih areala (Forman, 1995). Veliki broj istraživanja ukazao je nedvosmisleni utjecaj antropogeno uvjetovanih promjena u prostornoj strukturi krajobraza na strukturu i funkcije staništa i ekosustava (Haila, 2002; Fahrig, 2003; Rutledge, 2003; Fischer, Lindenmayer, 2007; Didham, 2010; Fahrig et al. 2011). U prvom redu, radi se o

smanjivanju ili nestajanju kontinuiranih areala istih ili sličnih prirodnih značajki s kojima su organski povezani određeni ekosustavi. Većina istraživanja ove problematike ne daje jednoznačni odgovor da li se radi o isključivo negativnom efektu. Staništa u kojima žive organizmi prostorno su strukturirana, a ti obrasci strukture u interakciji su s prostornom percepcijom organizama kao i dinamikom i unutrašnjom strukturom pojedinih zajednica (Johnson, Wichern, 1992; McGarigal, Cushman, 2002, Cushman et al, 2010). Antropogeno uvjetovane modifikacije krajobrazu djeluju na ove obrasce, s često pretpostavljenim negativnim posljedicama na biodiverzitet (Hill, Caswell 1999; Urban, Keitt 2001; Flather, Bevers 2002; Haila, 2002; Cushman et al., 2010). Neka istraživanja ukazuju na činjenicu da utjecaj fragmentacije na modifikaciju staništa i smanjivanje biodiverziteta ne mora biti, ili je u relativnom smislu od presudnog značaja (Atauri, de Lucio, 2001; Flather, Bevers, 2002; Yaacobi et al., 2007; Saura et al., 2008).

S obzirom na činjenicu da su diverzitet i fragmentacija vrlo složene značajke krajobrazu, često se javljaju tendencije pojednostavljivanja, kao na primjer tvrdnje da veća raznolikost/fragmentacija dovodi do veće stabilnosti (ili nestabilnosti) elemenata krajolika, što može biti potpuno pogrešno i posljedica je zanemarivanja značajki strukture elemenata krajobrazu (Dušek, Popelkova, 2012). Stoga, razumijevanje i karakterizacija krajobrazne raznolikosti zahtijevaju složeniji pristup u kojem je poželjno izbjegavati generalizacije i simplifikacije i fokusirati se na sagledavanje diverziteta i fragmentacije iz složenije perspektive (La Rosa et al., 2011; Fahrig et al., 2011).

Očito je da ovaj problem zaokuplja veliki broj znanstvenika zbog svog značaja za planiranje održivog razvoja i očuvanje prirodnog i kulturnog krajobrazu mnogih područja u svijetu, te ne postoji opći konsenzus u definiranju odnosa između diverziteta, fragmentacije i stabilnosti elemenata krajobrazu.

S obzirom na važnost ovog problema, u ovom radu istražen je odnos između stupnja i karaktera antropogenog utjecaja (izraženog kroz strukturne značajke suhozidne mreže) i funkcionalnih značajki pripadajućeg krajobrazu, odnosno međuodnos antropogeno uvjetovane strukture krajobrazne mreže i utjecaja na fragmentaciju i diverzitet krajobrazu (i s njima povezanih biotičkih/abiotičkih procesa).

Na temelju provedenih analiza može se zaključiti sljedeće:

1. Antropogeni utjecaj u prostornom smislu vrlo je neravnomjerno izražen na području južnog Visa, prije svega zbog geografske predispozicije (različitost geomorfoloških, klimatoloških i pedoloških uvjeta, udaljenost od naseljenih područja, dostupnost i dr.), na što ukazuje velika varijabilnost vrijednosti analiziranih parametara na razini tipova geokompleksa što se odražava i na krajobraz u cjelini.

2. Suhozidna mreža pokazuje veliku složenost strukture, definirane varijablama konfiguracije i kompozicije. Ova složenost izražena je kroz značajne razlike u međusobnim odnosima analiziranih varijabli između 92 tipa geokompleksa, reprezentiranim matricom koeficijenata korelacije.
3. Oblici tipova geokompleksa u značajnoj su korelaciji s gotovo svim varijablama suhozidne mreže (izuzev prosječne dužine suhozida). Relativno je visoka povezanost i s varijablama diverziteta i dominacije, što potvrđuje značaj antropogenog utjecaja.
4. Faktorskom analizom, trinaest varijabli strukture suhozidne mreže i pripadajućeg krajobrazu svedeno je na dva faktora. Prvi faktor definiran je kao faktor strukture krajobrazu (uvjetovane promjenama biotičkih/abiotičkih značajki uslijed antropogenog djelovanja), a drugi kao faktor antropopresije, odnosno antropogeno uvjetovane fragmentacije i diverzifikacije krajobrazu (kao posljedice načina i intenziteta gradnje suhozidne mreže) koju reprezentiraju strukturne značajke mreže suhozida unutar pojedinih elemenata krajobrazu. Unutar drugog faktora, na temelju faktorskih bodova, determiniran je pojedinačni utjecaj varijabli na transformaciju prirodnog krajobrazu. To je osobito vidljivo na primjeru povezanosti diverziteta suhozidne mreže i fragmentacije krajobrazu reprezentirane varijablom oblika, na što ukazuju visoka opterećenja varijable Broj geoobjekata (koja je gotovo u potpunosti u korelaciji s varijablom diverziteta) na oba faktora.

ZAKLJUČAK

Sustav suhozidne mreže južnog Visa, usprkos rasvjetljavanju prirodnog i društvenog konteksta unutar kojih su nastali i razvijali se, i dalje ostaje složen za interpretaciju. Povezanost lokacija suhozida i njihovih strukturnih i funkcionalnih osobitosti s prirodno-geografskim kontekstom neosporna je, međutim ona nije jednoznačna: unutar pojedinih dijelova mreže suhozida postoje i neki drugi obrasci grupiranja, lokalne veze i odnosi od daljnjeg interpretacijskog interesa. Prije svega radi se o novijem antropogenom utjecaju, izraženom kroz gradnju prometnica, urbanih i infrastrukturnih sadržaja. Za sada, na području južnog Visa ovaj utjecaj još nije izražen u značajnijoj mjeri, što predstavlja pozitivnu okolnost, jer bi degradacijom površina pod suhozidima nestala ili bi se bitno smanjila ljepota i posebnost krajobrazu kao i njegov turistički potencijal.

Analize su pokazale da je primijenjenom metodologijom moguće rekonstruirati antropogeni utjecaj na krajobraz odnosno stupanj intenziteta korištenja zemljišta

tijekom historijsko -geografskog razvoja. Opsežna baza podataka o strukturi suhozidne mreže i značajkama prirodnog krajobraza omogućava precizan odabir područja koja su najpogodnija za revitalizaciju u smislu rekonstrukcije i uređenja suhozidne mreže za potrebe turizma ili obnavljanja tradicionalne poljoprivrede, u skladu s održivim razvojem. Drugim riječima, planiranje daljnjeg razvoja tradicionalnog kulturnog krajobraza suhozida južnog Visa trebalo bi biti usmjereno prema očuvanju strukturnih značajki i estetske vrijednosti suhozida kao turistički vrlo atraktivne autentične kulturne baštine te njihovoj revitalizaciji, zajedno s pripadajućim poljoprivrednim površinama, u svrhu zaustavljanja depopulacije stanovništva i poticaja razvoja turizma.

Planiranju s ciljem održivog razvoja umnogome bi pridonijela primjena krajobrazne metrike, geomorfometrijskih i geostatističkih metoda, koje bi olakšale i poboljšale identifikaciju elemenata i strukture suhozidne mreže i pripadajućeg prirodnog krajobraza i pridonijele kvalitetnijem pristupu gospodarenju. Bez sumnje, neophodne su daljnje kvantitativne i kvalitativne geografske analize, koje bi, uz terensku detekciju, podrazumijevale korelaciju sa svim prirodno-geografskim i društveno-geografskim čimbenicima od neposredne i posredne važnosti. Sve navedeno preduvjet je kvalitetnoj interpretaciji stvarnog stanja u širem prostornom i vremenskom kontekstu, s ciljem točnije procjene potencijalnih mogućnosti očuvanja i valorizacije.

DRY STONEWALLS STRUCTURAL FEATURES AS INDICES OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON LANDSCAPE – EXAMPLE OF SOUTHERN PART OF VIS ISLAND, CROATIA

Sanja LOZIĆ

University of Zadar, Department of Geography, Franje Tuđmana 24i, 23000 Zadar, Croatia
e-mail: slozic@unizd.hr

Ante ŠILJEG

University of Zadar, Department of Geography, Franje Tuđmana 24i, 23000 Zadar, Croatia
e-mail: asiljeg@unizd.hr

Kristina KRKLEC

University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of Pedology, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia
e-mail: kkrklec@agr.hr

SUMMARY

This paper deals with analysis of the dry stonewall network structural features and their relationship with the natural landscape. Thus, specific approach was applied – elements of dry stonewall network are analyzed within previously determined spatial units (geocomplex types) that are defined by their internal vertical structure. Based on this set of relations, it is possible to reconstruct the spatial distribution and characteristics of the areas under impact of anthropopression which directly affected the degree of fragmentation and diversity. Landscape metrics (indicators of the composition and configuration of the landscape) was applied in analysis of dry stonewalls structure.

Several basic research objectives were set: a) to determine the characteristics of size of dry stonewall network and to select landscape indicators that are most appropriate to define its structure, b) to determine the basic features of the dimension of landscape elements (geocomplex types) within which parts of dry stonewall network are contained c) to determine the nature and the degree of their relationship (relationship between dry stonewall network and anthropogenic impact on the landscape).

Data obtained from GIS analysis were further processed by landscape metrics methods and statistical methods of linear correlation and factor analysis. To determine the nature and degree of correlation between eleven analysed variables, method of multiple linear correlation was used. Factor analysis was conducted in order to reduce a number of variables to a smaller number of factors that define the structure and complexity of dry stonewall network and the degree of anthropogenic impact on the landscape

The authors presume that the achievement of these goals will enable to define the features of the current structure and the associated landscape of southern part of Vis Island. Additionally, it will enable definition of general patterns of impact of the socio-geographic processes during historical and geographical development that led to their present appearance and condition. All this should serve as guidance when deciding on the method and degree of protection of specific natural and cultural landscapes; and eventual revitalization to sustainable tourism valuation.

On the basis of the analysis we can conclude the following:

1. Anthropogenic impact (in spatial terms) is very unevenly expressed in the southern part of Vis Island, primarily due to its geographic predisposition (diversity of geomorphological, climatic and soil conditions, distance from populated areas, availability, etc.), as indicated by the high variability in the values of the analyzed parameters on the level of geocomplex types which is reflected in the landscape as a whole.

2. Dry stonewall network shows great complexity of the structure, defined by variables of configuration and composition. This complexity is expressed through significant differences in the mutual relations of the analyzed variables of 92 geocomplex types, represented by a matrix of correlation coefficients.

3. Shapes of geocomplex types are in significant correlation with almost all variables of dry stonewall network (except the average length of drywall). Relatively high correlation with the variables of diversity and dominance confirms the importance of anthropogenic impact.

4. Factor analysis of thirteen variables of dry stonewall structure and associated landscape reduced this to two factors. The first factor is defined as the factor of the landscape structure (caused by changes in biotic / abiotic features due to anthropogenic activities), and the other as a factor of anthropoppression or anthropogenically caused fragmentation and diversification of the landscape (as a consequence of the mode and intensity of construction of dry stonewall network) that represent the structural characteristics of the dry stonewall network within the individual elements of the landscape. Within the second factor, based on the factor points, individual impact of variables on transformation of the natural landscape is determined.

Analyses have shown that used methodologies can serve to reconstruct anthropogenic impact on the landscape and the degree of intensity of land use during historical and geographical development. Extensive database containing information on structure of dry stonewall network and natural features of the landscape allows precise selection of the areas that are most suitable for reconstruction in terms of reconstruction and interior of dry stonewall network for tourism or renewal of traditional agriculture, in line with sustainable development.

Key words: dry stonewall network, landscape, landscape metrics, southern Vis island

LITERATURA:

- Aničić, B., Perica, D. (2003):** Structural features of cultural landscape in the karst area (landscape in transition). *Acta carsologica*, 32, 1. Postojna, 173-188.
- Atauri, J. A. & de Lucio, J. V. (2001):** The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology*, 16. New York, 147-159.
- Botequilha-Leitão, A., Ahern, J. (2002):** Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59. Philadelphia, 65-93.
- Botequilha-Leitão, A., Miller, J. N., McGarigal, K., Ahern, J. (2006):** Measuring landscapes (A Planner's Handbook). Washington, Island Press.
- Burrough, P. A., McDonnell, R. A. (1998):** Principles of Geographical Information Systems. New York, Oxford University Press.
- Collinge, S. K. (1996):** Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. *Landscape and Urban Planning*, 36. Philadelphia, 59-77.
- Cushman, S. A., Compton, B. W., McGarigal, K. (2010):** Habitat Fragmentation Effects Depend on Complex Interactions Between Population Size and Dispersal Ability: Modeling Influences of Roads, Agriculture and Residential Development Across a Range of Life-History Characteristics. In: Cushman, S., Huettmann, F.: *Spatial Complexity, Informatics and Wildlife Conservation*. New York, Springer, 369-385.
- Didham, R. K. (2010):** Ecological Consequences of Habitat Fragmentation. In: Jansson, R.: *Encyclopedia of Life Sciences*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. Online. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470015902.a0021904> (20.8.2013).
- In: Craglia, M., Onsrud, H.: *Geographic Information Research: Trans-Atlantic Perspectives*. London, Taylor & Francis Ltd, 245 – 262.
- Dušek, R., Popelková, R. (2012):** Theoretical View of the Shannon Index in the Evaluation of Landscape Diversity. *AUC Geographica*, 47, 2. Prague, 5-13.
- Fahrig, L. (2003):** Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 34. Palo Alto, 487-515.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., Sirami, C., Siriwardena, G. M., Martin, J. L. (2011):** Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14. Chichester, 101-112.
- Fischer, J., Lindenmayer, D. B. (2007):** Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16. Chichester, 265-280.
- Flather, C. H., Bevers, M. (2002):** Patchy reaction-diffusion and population abundance: the relative importance of habitat amount and arrangement. *Am. Nat.*, 159. Chicago, 40-56.
- Forman, R. T. T. (1995):** Land mosaic: the ecology of landscape and regions. Cambridge, Cambridge University Press.
- Gams, I. (1991):** Systems of Adapting the Littoral Dinaric Karst to Agrarian Land Use. *Acta Geographica*, 31. Ljubljana, 5-106.
- Gams, I., Nicod, J., Julian, M., Anthony, E., Sauro, U. (1993):** Environmental Change and Human Impacts on the Mediterranean Karsts of France, Italy and the Dinaric Region. *Catena Supplement*, 25. Cambridge, 59-98.
- Gao, L., Yun, L., Ren, Y., Cui, Z., Bi, H. (2011):** Spatial and Temporal Change of Landscape Pattern in the Hilly-Gully Region of Loess Plateau. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE, Vol. 6, IACSIT Press, Singapore.
- Goigel Turner, M. (1989):** Landscape ecology: The Effect of Pattern on Process. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 20. Palo Alto 171-197.
- Gustafson, E. J. (1998):** Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art?. *Ecosystems*, 1. New York, 143-156.
- Gutzwiller, K. J., Anderson, S. H. (1992):** Interception of moving organisms: Influences of patch shape, size and orientation on community structure. *Landscape Ecology*, 6. New York, 293-303.
- Haila, Y. (2002):** A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications*, 12. Ithaca, New York, 321-334.
- Hill, M. K., Caswell, H. (1999):** Habitat fragmentation and extinction thresholds on fractal landscapes. *Ecol. Lett.*, 2. Chichester, 121-127.
- Haines-Young, R., Chopping, M. (1996):** Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested landscapes. *Progress in Physical Geography*, 20, 4. London, 418-445.
- Hulshoff, R. M. (1995):** Landscape indices describing a Dutch landscape. *Landscape Ecology*, 10. New York, 101-111.
- Jenks, G. F. (1963):** Generalization in statistical mapping. *Ann. Ass. Am. Geogr.*, 53. Chichester, 15-26.
- Jenks, G. F. (1967):** The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7. Bonn - Bad Godesberg, 186-190.
- Johnson, R. A., Wichern, D. W. (2007):** Applied Multivariate Statistical Analysis. New Jersey, Prentice Hall, 772 pp
- Johnson, G. D., Patil, G. P. (2007):** Landscape Pattern Analysis for Assessing Ecosystem Condition. New York, Springer-Verlage.
- Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., O'Neill, R. V., Coleman, P. R. (1987):** Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos*, 48. Chichester, 321-324.
- Kurnatowska, A., (1999):** GIS for the Analysis of Structure and Change in Mountain Environments, In:

Craglia, M., Onsrud, H.: Geographic Information Research: Trans-Atlantic Perspectives. London, Taylor & Francis Ltd, 245 – 262.

Lang, S., Blaschke, T. (2010): Analiza krajolika pomoću GIS-a. Požega, ITD Gaudeamus.

La Rosa, D., Martinico, E., Privitera, R. (2011): Dimension of landscape diversity: ecological indicators for landscape protection planning. RegioResources 21 Conference. The European Land Use Institute..

Liang, S-Z. (2008): Monitoring and Assessment of Natural Resources and Environments. In: Liu, L., Li, X., Liu, K., Zhang, X., Lao, Y.: Geoinformatics 2008 and Joint Conference on GIS and Built Environment - Proceedings of the SPIE, Volume 7145, 71451V-71451V-8

Lin, Y-P, Teng, T-P., Chang, T-K. (2002): Multivariate analysis of soil heavy metal pollution and landscape pattern in Changhua county in Taiwan. Landscape and Urban Planning, 62. Philadelphia, 19-35.

Lozić, S., Šiljeg, A., Krklec, K., Šiljeg, S. (2012): Vertical landscape structure of the southern part of Vis island, Croatia. Dela, 37. Ljubljana, 65-90.

Lozić, S., Šiljeg, A., Krklec, K., Jurišić, M., Šiljeg, S., (2013): Some Basic Indices of Horizontal Landscape Structure of the Southern Part of Vis Island, Croatia, Geodetski list, 67/2

Mardia, K. V., Kent, J. T., Bibby, J. M. (1979): Multivariate Analysis. London, Academic Press, 518 pp

McGarigal, K., Marks, B. J. (1995): FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Corvallis, Oregon: Oregon State University Forest Science Department.

McGarigal, K., McComb, W. C. (1999): Forest fragmentation effects on breeding birds in the Oregon Coast Range. In: Rochelle, J. A., Lehman, L. A., Wisniewski, J.: Forest fragmentation: wildlife and management implications. Leiden, Brill Academic Publishers, 223-246.

McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., Ene, E. (2002): FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer Software Program Produced by the Authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following website: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html.

McGarigal, K., Cushman, S. A. (2002): Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. Ecological Applications, 12. Ithaca, New York, 335–345.

Nagendra, H. (2002): Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. Applied Geography, 22. Cambridge, 175-186.

O'Neill, R. V., Krumme, J. R., Gardner, R. H., Sugihar, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., Milne, B. T., Turner, M. G., Zygmunt, B., Christensen, S. W., Dale, V. H., Graham, R. L. (1988): Indices of landscape pattern. Landscape Ecology, 1, 3. New York, 153-162.

Peričić, Š. (1999): The development of the economy of the island Vis in the past. Papers of Croatian Academy of Sciences and Arts in Zadar, 41. Zadar, 1-144.

Quinn, G. P., Keough, M. J. (2002): Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge, Cambridge University Press.

Riitters, K. H., O'Neill, R. V., Hunsaker, C. T., Wickham, J. D., Yankee, D. H., Timmins, S. P., Jones, K. B., Jackson, B. L. (1995): A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. Landscape Ecology, 10, 1. New York, 23-39.

Rutledge, D. (2003): Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? Science Internal Series 98. New Zealand, Department of Conservation.

Saura, S., Torras, O., Gil-Tena, A., Pascual-Hortal, L. (2008): Shape Irregularity as an Indicator of Forest Biodiversity and Guidelines for Metric Selection. In: Laforzezza, R., Sanesi, G., Chen, J., Crow, T. R.: Patterns and Processes in Forest Landscapes. New York, Springer, 167-189.

Shannon, C. E., Weaver, W. (1949): The mathematical theory of communication (reprint, 1971). Illinois. University of Illinois Press.

Tabachnik, B. G., Fidell, L. S. (2007): Using Multivariate Statistics. London, Pearson Education Inc.

Timm, N. H. (2002): Applied Multivariate Analysis. New York, Springer-Verlag Inc.

Turner, M. G., Gardner, R. H., O'Neill, R. V. (2001): Landscape Ecology (in theory and practice). New York, Springer-Verlag.

Urban, D., Keitt, T. (2001): Landscape connectivity: a graph theoretic perspective. Ecology, 82. Ithaca, New York, 1205-1218.

Yaacobi, G., Ziv, Y., Rosenzweig, M. L. (2007): Habitat fragmentation may not matter to species diversity. Proc. R. Soc. B., 274. London, 2409-2412.