ZOOGEOGRAFSKA ANALIZA RASPROSTRANJENOSTI GUJAVICA (Lumbricidae) NA PODRUČJU HRVATSKE

Halavuk, Tatjana

Master's thesis / Diplomski rad

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:989130

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski znanstveni studij biologije

Tatjana Halavuk

ZOOGEOGRAFSKA ANALIZA RASPROSTRANJENOSTI GUJAVICA (Lumbricidae) NA PODRUČJU HRVATSKE

Diplomski rad

Osijek, 2013.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**
Odjel za biologiju
Diplomski znanstveni studij biologije

Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Biologija

ZOOGEOGRAFSKA ANALIZA RASPROSTRANJENOSTI GUJAVICA (Lumbricidae) NA PODRUČJU HRVATSKE

Tatjana Halavuk

Rad je izrađen: Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Mentor: Dr. sc. Branimir K. Hackenberger, izv. prof.
Neposredni voditelj: Dr. sc. Davorka K. Hackenberger, viši asistent

Gujavice su jedna od najvažnijih životinjskih skupina tla zbog utjecaja na strukturu, kemijski sastav i raspodjelu nutrijenata u tlu. Unatoč njihovoj velikoj važnosti u ekološkim sustavima, vrlo malo se zna o njihovoj rasprostranjenosti na području Hrvatske. Ovaj rad predstavlja prvi popis vrsta gujavica iz porodice Lumbricidae na području Hrvatske. Popis je napravljen obradom i analizom literaturnih podataka te ističe raznolikost i tip rasprostranjenja gujavica na području tri biogeografske regije Hrvatske – kontinentalne, alpske i mediteranske. Ukupno je zabilježeno 68 vrsta koje pripadaju u 17 rodova. Većina vrsta pripada rodovima *Octodrilus*, *Dendrobaena* i *Aporrectodea*. Zoogeografskom analizom utvrđeno je 13 tipova rasprostranjenja gujavica. Endemske vrste gujavica zastupljene su s 28% od ukupnog broja vrsta. Najveća raznolikost gujavica zastupljena je u kontinentalnoj regiji, na što ukazuju vrijednosti Shannonovog i Simpsonovog indeksa (3.28; 0.94).

Ključne riječi: Hrvatska, Lumbricidae, gujavice, rasprostranjenost, zoogeografija

Broj stranica: 50
Broj slika: 22
Broj tablica: 3
Broj literaturnih navoda: 56
Jezik izvornika: Hrvatski

Datum obrane: 29.10.2013.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Dr. sc. Branimir K. Hackenberger, izvanredni profesor Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
2. Dr. sc. Goran Palijan, docent Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
3. Dr. sc. Stjepan Krčmar, redoviti profesor Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Rad je pohranjen u:

Knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek **Master thesis**
Department of Biology
Graduate Study of Biology

Scientific area: Natural science
Scientific field: Biology

ZOOGEOGRAPHIC ANALYSIS of DISTRIBUTION of EARTHWORMs (Lumbricidae) IN CROATIA

Tatjana Halavuk

Thesis performed at: Department of Biology, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Supervisor: Branimir K. Hackenberger, PhD, Associate Professor
Assistant in charge: Davorka K. Hackenberger, Assistant

Earthworms are one of the most important soil-inhabitant animal groups, strongly affecting the structure, chemical properties and nutrient distribution in soil. Despite their great importance for ecosystems, little has been known about their distribution in Croatia. This work represents the first earthworm checklist in Croatia. On the basis of new information and literature data, we have summarized all data and established the list for the entire teritory of Croatia divided into three biogeographic regions – Continental, Alpine and Mediterranean. The list underlines the diversity and zoogeographical position of earthworms. The lumbricids from the entire teritory of Croatia are represented by 68 taxa, belonging to the 17 genera of the family Lumbricidae. The majority of species belong to the genera *Octodrilus, Dendrobaena* and *Aporrectodea*. Earthworm species can be allocated to 13 different types of distribution. The endemic species take part with 28% in the total number of the species. The greatest earthworm diversity was recorded in Continental region, as indicated by the value of Shannon and Simpson index (3.28; 0.94).

Key words: Croatia, Lumbricidae, earthworms, distribution, zoogeography

Number of pages: 50
Number od figures: 22
Number of tables: 3
Number of refrences: 56
Original in: Croatian

Date of the thesis defence: 29.10.2013.

Reviewers:

1. Branimir K. Hackenberger, PhD, Associate Professor, Department of Biology, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek
2. Goran Palijan, PhD, Assistant Professor, Department of Biology, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek
3. Stjepan Krčmar, PhD, Full Professor, Department of Biology, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Thesis deposited in:

Library of Department of Biology, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Za početak se zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Branimiru K. Hackenbergeru koji je omogućio kvalitetnu izradu ovog rada.

Veliko hvala dr. sc. Davorki K. Hackenberger na srdačnosti i podršci te beskonačnom strpljenju i pozitivnom stavu što je pisanje ovog rada učinilo vrlo ugodnim.

Hvala svim članovima Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku zbog velikog doprinosa mom obrazovanju.

Hvala svim kolegama koji su bili sa mnom tijekom studija te dijelili studentske brige i probleme, ali i ugodne terenske trenutke.

Hvala mojoj obitelji i prijateljima na podršci i potpori koju su mi pružili tijekom cijelog studija.

Hvala svima koji su posredno ili neposredno sudjelovali u ostvarivanju ovog rada.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1

1.1. Taksonomija gujavica 1

1.2. Biologija i ekologija gujavica 1
1.2.1. Uloga gujavica u procesima u tlu 3

1.3. Biogeografija gujavica 4

1.4. Geografski informacijski sustavi (GIS) u ekološkim istraživanjima 7

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA 9

3. MATERIJALI I METODE 10

3.1. Područje istraživanja 10
3.1.1. Kontinentalna regija 11
3.1.2. Alpska regija 11
3.1.3. Mediteranska regija 12

3.2. Izvori podataka o nalazima gujavica 13

3.3. Obrada podataka u DIVA-GIS programu 13

3.4. Korištene statističke metode 15
3.4.1. Shannonov indeks raznolikosti 15
3.4.2. Simpsonov indeks raznolikosti 16
3.4.3. Sørensenov indeks sličnosti 17

4. REZULTATI 18

4.1. Bogatstvo vrsta 18

4.2. Zoogeografska analiza 36

4.3. Indeksi raznolikosti 39

5. RASPRAVA 41

6. ZAKLJUČCI 44

7. LITERATURA 45

8. PRILOG 50

1. UVOD

1.1. Taksonomija gujavica

Gujavice pripadaju koljenu Annelida (kolutićavci), razredu Oligochaeta (malokolutićavci) i redu Opistophora. Temeljem najnovijih istraživanja predloženo je 16 porodica od kojih 6 obuhvaćaju akvatičke i poluakvatičke vrste, dok su preostalih 10 porodica kopneni oblici opće poznati kao gujavice (Jamieson, 1988). Porodica Lumbricidae relativno je velika holoarktička porodica sa većinom terestričkih gujavica koje čine oko 670 vrsta raspoređenih u 63 roda (Blakemore, 2008). Broj znanstveno opisanih vrsta i rodova neprestano se mijenja jer su mnoge opisane vrste sinonimi stoga novija istraživanja s identifikacijom na molekularnoj razini značajno doprinose razjašnjavanju.

1.2. Biologija i ekologija gujavica

Gujavice su jedna od najvažnijih životinjskih skupina tla te snažno utječu na kemijska svojstva i strukturu tla (Darwin, 1881; Zicsi, 1975). Nalazimo ih diljem svijeta u šumskim, travnjačkim, ali i antropogeniziranim staništima. Međutim, vrlo rijetko ih nalazimo u onim dijelovima svijeta gdje su ekstremne temperature, poput pustinja ili područja koja su trajno prekrivena ledom. Populacije gujavica variraju u biomasi i raznolikosti. Brojnost gujavica na različitim staništima varira od manje od 10 gujavica po m^2 do nekoliko stotina gujavica po m^2, ali rijetko više od 400 gujavica po m^2 (Lee, 1985). Iznimno, brojnost gujavica može biti puno veća na pašnjacima ili drugim tlima koja sadrže puno organske tvari (1000-2000 gujavica po m^2). Najvažniji čimbenici koji utječu na rasprostranjenost gujavica su vlažnost tla te kvaliteta i kvantiteta organske tvari što je u izravnoj vezi s vrstom staništa (Edwards i Bohlen, 1996). Raznolikost zajednica gujavica na nekoj lokaciji ovisi o širokom rasponu drugih faktora uključujući tip tla, pH vrijednost tla, kapacitet vlažnosti tla, padaline, ali i o upotrebi tla na toj lokaciji u prošlosti i sadašnjosti te stupnju njegove narušenosti.

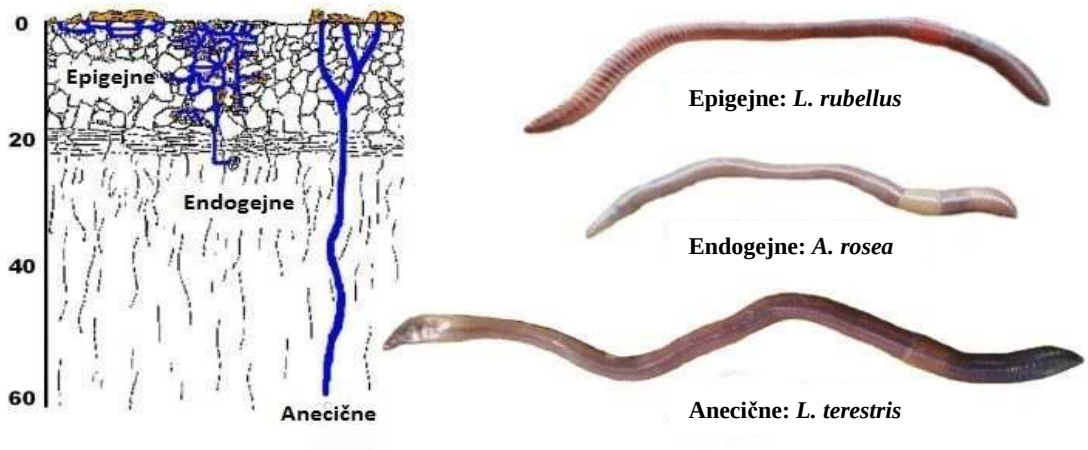
Poput većine životinjskih organizama gujavice imaju nepravilan, grupni, vodoravni prostorni raspored, ali i slojevitu okomitu raspodjelu. Čimbenici odgovorni za varijabilnost u vodoravnoj distribuciji gujavica u tlu, prema Edwardsu i Bohlenu (1996) su:

- Fizikalno-kemijski (temperatura tla, vlažnost, pH, anorganske soli, agregacija)
- Raspoloživost hrane (stajnjak, biljni ostaci, organska tvar)
- Reproduktivni potencijal i mogućnost širenja neke vrste
- Povijesni čimbenici (kolonizacija staništa)

Okomita distribucija gujavica u profilu tla određena je abiotičkim i biotičkim čimbenicima. Sezonski varira jer tijekom nepovoljnih uvjeta (vlažnost i temperatura) gujavice migriraju dublje u tlo. Stoga, distribucija gujavica u tlu nije niti potpuno slučajna, no nije niti potpuno određena. Gujavice su većinom grupirane vodoravno, no zbog dubine do koje dopiru imaju i okomito stratificiranu distribuciju.

Kroz njihov današnji način života, gujavice reflektiraju edafske uvjete vremena njihovog pojavljivanja. Postoje brojne morfoekološke adaptacije iz prošlosti koje omogućuju osnovu klasifikacije i filogenije. Bouché (1977) i Lee (1985) su vrste gujavica razvrstali prema načinu života, te s tim povezanim morfološkim i fiziološkim značajkama u tri ekološke kategorije (Slika 1):

1. **Epigejne gujavice** - žive iznad mineralnog sloja tla, ispod biljnih ostataka ili druge organske tvari. Male su veličine i tamno su pigmentirane. Hrane se neraspadnutim ili malo raspadnutim dijelovima lišća i organske tvari i vrlo su mobilne. Najvažniji predstavnici su *Eisenia fetida* i *Lumbricus rubellus.*
2. **Endogejne gujavice** - kopaju vodoravne hodnike u tlu koji nisu permanentni, najčešće na dubini od 10-15 cm od površine tla. Uglavnom su nepigmentirane, sporo se kreću, mogu biti različitih veličina i pod relativno su niskim pritiskom predacije. Najpoznatiji predstavnici su *Allolobophora chlorotica, Aporrectodea rosea* i *Aporrectodea caliginosa.*
3. **Anecične gujavice** - žive u permanentnim okomitim hodnicima u mineralnom sloju tla, do 3 m dubine. Vrste iz ove skupine su tamne, pigmentirane na dorzalnoj strani tijela, a najvažniji predstavnici su *Lumbricus terestris* i *Aporrectodea longa.*



Slika 1. Podjela gujavica prema načinu života: epigejne, endogejne i anecične. Izvor: Web 1.

Nadalje, gujavice su uglavnom aktivne tijekom proljeća i jeseni. Niske temperature tla limitiraju aktivnost gujavica, stoga kada temperatura postane preniska one ulaze u stanje hibernacije. Visoka im temperatura također ne odgovara, stoga ovisno o vrsti, gujavica može ući u dijapauzu na određeno vrijeme ili jednostavno smanjiti aktivnost dok se ponovno ne uspostave povoljni uvjeti. Tijekom čitave godine u populaciji ima više juvenilnih jedinki u odnosu na odrasle. Iako kokoni mogu nastati tijekom cijele godine, uglavnom se to događa sezonski. U umjerenom klimatskom pojasu odlaganje kokona najčešće je tijekom proljeća i ranog ljeta, a ponekad i tijekom jeseni. Ovisno o vrsti, jedinka može odložiti 1-20 kokona po parenju.

1.2.1. Uloga gujavica u procesima u tlu

Tlo je složena prirodna sastavina sa velikom biološkom raznolikošću. Međutim, iako je broj organizama ispod površine tla vrlo velik, organizmi u tlu nedovoljno su istraženi. Fauna tla prema veličini se dijeli na mikro-, mezo-, makro- i megafaunu. Gujavice pripadaju u makrofaunu tla i jedna su od najbolje istraženih skupina organizama upravo zbog njihove velike ekološke važnosti. Gujavice se smatraju inženjerima ekoloških sustava zbog uloga koje imaju u održavanju strukture tla i procesu bioturbacije. Također, postoji cijeli niz aktivnosti u kojima je uloga gujavica i njihov utjecaj nezamjenjiv:

a) Gujavice utječu na fragmentaciju, razgradnju i inkorporaciju organske tvari. Svojim načinom života utječu na formiranje slojeva tla, raspoloživost hranjivih tvari biljkama, na fiksaciju dušika, omjer ugljika i dušika i mnoge druge procese u tlu (Edwards i Bohlen, 1996).
b) Utjecaj gujavica na mikroorganizme je kompleksan. Gujavice ovise o mikroorganizmima kao važnom izvoru hranjivih tvari te povećavaju mikrobnu aktivnost razlažući organsku tvar, ujedno je inokulirajući mikroorganizmima. Povećana bakterijska aktivnost rezultira oslobađanjem (remineralizacijom) anorganskih tvari čime one postaju dostupne biljkama. Osim toga, svojim kretanjem kroz tlo gujavice utječu na disperziju mikroorganizama kroz čitav profil tla.
c) Gujavice imaju vrlo važan utjecaj na strukturu, plodnost i produktivnost tla. Prodiru u tlo i time povećavaju poroznost tla, a indirektno svojim ekskrementima unutar hodnika obogaćuju čitav profil tla organskom tvari bogatoj mikroorganizmima. Pri tome, gujavice miješaju različite slojeve tla i oslobađaju hranjive tvari u obliku

raspoloživom za biljke. Gujavice mijenjaju raznolikost i poboljšavaju aktivnost mikrobne zajednice selektivnim hranjenjem te stvaranjem ekskremenata bogatih hranjivim tvarima. Sve te aktivnosti poboljšavaju strukturu tla i povećavaju infiltraciju vode, što često rezultira stvaranjem humusnog sloja blizu površine tla. Osim toga, aktivnost gujavica rezultira i mijenjanjem teksture tla podižući njegovu otpornost na fizikalni utjecaj vode, što smanjuje potencijal erozije tla.

d) Gujavice imaju ulogu u gospodarenju okolišem te služe kao indikatori onečišćenja nekog područja. Njihov se ekskrement koristi kao medij za rast biljaka, a one same se mogu koristiti i kao proteinska hrana za životinje.

1.3. Biogeografija gujavica

Današnja rasprostranjenost populacija gujavica posljedica je trenutačnih procesa i utjecaja kao i onih koji su se zbivali u prošlosti (Tabarlet i sur., 1998; Brunhoff i sur., 2003). Njihovo pojavljivanje i evolucija blisko su povezani s formacijom kopna i relevantnim ekološkim uvjetima (razvoj tla i vegetacije) (Mršić, 1991). Biogeografski raspored današnjih populacija gujavica objašnjava se teorijom tektonike ploča, uključujući Wegenerovu hipotezu pomicanja kontinenata (MacArthur i Wilson, 1967).

Prema Michaelsenu (1903) i Černosvitovu (1935) porodica Lumbricidae evoluirala je krajem paleozoika u hercinskom planinskom sustavu (Pop, 1948). Prema njima, prvobitna fauna te porodice uništena je na područjima koja su bila prekrivena ledom u kvartarnom ledenom dobu. Budući da ledeni pokrivač nije zahvatio područje Balkanskog poluotoka, uključujući i teritorij Republike Hrvatske, ondje je bilo pribježište flore i faune tijekom posljednjeg ledenog doba (Hewitt, 1999). Zbog karakterističnih ekoloških, klimatskih i geomorfoloških prilika, na ovom području brojne vrste su pronašle povoljne uvjete za preživljavanje, što je i razlog recentnom visokom stupnju bioraznolikosti (Bilton i sur., 1998).

Nadalje, Balkanski poluotok je služio kao važno središte specijacije faune gujavica, što je rezultiralo visokim omjerom endemskih vrsta (Omodeo, 1952; Stojanović i sur., 2008). Michaelsen (1903) je prvi uvidio da je područje rasprostranjenosti endemskih vrsta gujavica lokalizirano ispod južne granice ledenog pokrivača zadnjeg ledenog doba (Slika 2). Sjeverno od te granice nalaze se samo peregrine vrste ukazujući na to da je nativna populacija potpuno nestala tijekom zadnjeg ledenog doba, a da se repopulacija dogodila isključivo ljudskim djelovanjem ili preživljavanjem na mjestima koja nisu bila prekrivena ledom (Edwards i

Bohlen, 1996). Podupirući ovo stajalište, James (2004) je predvidio da prirodni doseg širenja vrsta gujavica od posljednje glacijacije iznosi 100 – 200 kilometara.

Zbog ograničenih sposobnosti kretanja (individualne jedinke se ne mogu aktivno kretati na velike udaljenosti), populacija gujavica ima tendenciju da ostane na istom mjestu tijekom dugog vremenskog razdoblja u skladu sa staništem i geografskim područjem (Coboli i sur., 1992; Omodeo, 2000). Stoga, visoka razina endemizma u kombinaciji s usporenim morfološkim promjenama gujavica, ukazuje na to da je današnja autohtona skupina gujavica stara milijune godina. Dosad neosporeni podaci otkrivaju da utvrdive morfološke promjene mogu biti vidljive tek nakon 20 milijuna godina izolacije (Omodeo i Rota, 1999).

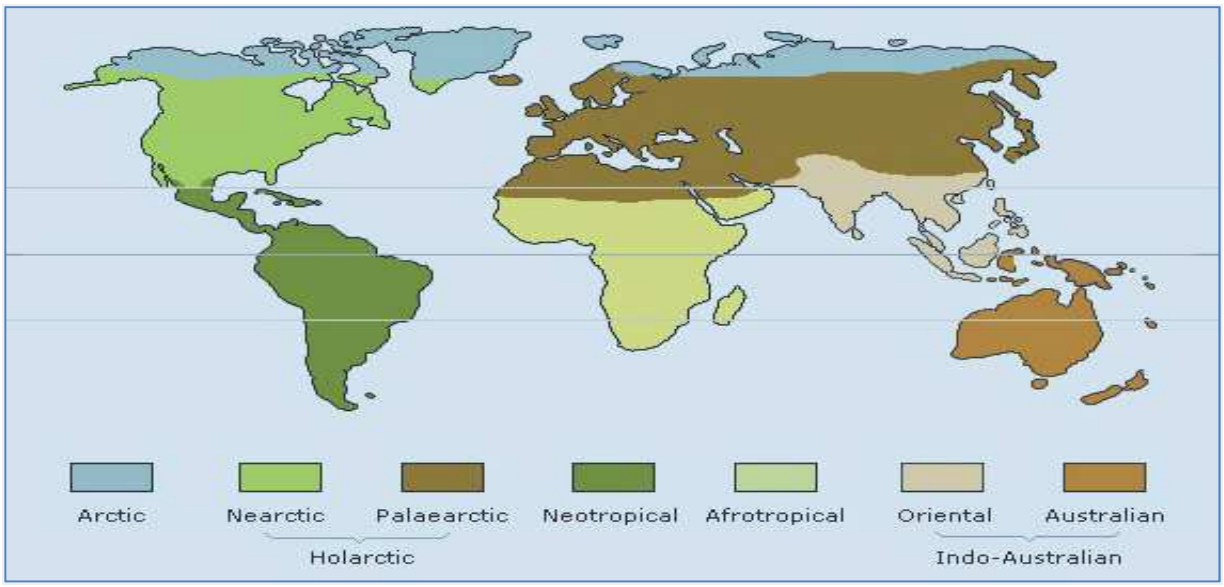
Pojam peregrine vrste prvi je upotrijebio Michaelsen (1903), a označava vrste koje su široko rasprostranjene i na geografski udaljenim lokacijama. Od oko 670 opisanih holoarktičkih vrsta iz porodice Lumbricidae, oko 34 vrste se smatra peregrinim vrstama (Blackmore, 2006). Peregrine vrste se smatraju dominantnima u poljoprivrednim i antropogeniziranim tlima (Lee, 1985).



Slika 2. Područje prekriveno ledom tijekom posljednjeg ledenog doba – crvenom linijom označena je granica kvartarnog leda ispod koje se nalazi područje rasprostranjenosti endemskih vrsta gujavica. Izvor: Web 2.

Nadalje, zoogeografski gledano, područje Hrvatske pripada Palearktiku ili starosjevernom području. Nalazi se na granici dva podpodručja – europskog i mediteranskog (Slika 3).

Zoogeografskom analizom utvrđeno je 13 tipova rasprostranjenja gujavica (Bouché 1972; Mršić 1991; Csuzdi i Zicsi 2003; Csuzdi i Pavlíček 2005; Milutinović i sur., 2010; Csuzdi i sur., 2011): peregrini, atlantsko-mediteranski, holomediteranski, ilirski, južno-alpski, balkansko-alpski, srednjoeuropski, srednjoeuropski (planinski), trans-egejski, dinarsko-karpatski, alpsko-dinarsko-karpatski, alpsko-dinarski te endemski (šire i uže područje).



Slika 3. Zoogeografska podjela svijeta – Hrvatska pripada Palearktiku ili starosjevernom području i nalazi se na granici europskog i mediteranskog podpodručja. Izvor: Web 3.

Područje rasprostranjenosti endemskih vrsta gujavica podijeljeno je u 4 velike domene (Csuzdi i Zisci, 2003) (Slika 4):

I. **Frankoiberijska domena** (Iberijski poluotok, Francuska zapadno od Alpa, Sardinija, Korzika, jugozapadna Italija, Atlas gorje) – karakteriziraju je rodovi *Diporodrilus, Prosellodrilus* i *Kritodrilus.*

II. **Egejska domena** (Europa od Alpa do Urala, Anatolije, Levanta i Mezopotamije) – karakteriziraju je rodovi *Octodrilus, Octodriloides, Cernosvitovia Fitzingeria i Dendrobaena*. Domena je podijeljena na sjeverno-egejsku poddomenu koju čine središnja i istočna Europa (**IIa.**), te južno-egejsku poddomenu koju čine Anatolija, Kavkaz, Levant i Mezopotamija (**IIb.**).

III. **Turansko-dalekoistočna domena** (Turska, Sajanske planine, Koreja i Japan) - karakteriziraju je rodovi *Eisenia* i *Perelia*.

IV. **Sjevernoamerička domena** - karakteriziraju je rodovi *Eisenoides* i *Bimastos*.



Slika 4. Rasprostranjenost endemskih vrsta gujavica iz porodice Lumbricidae na holoarktičkom području. Izvor: Web 4.

Područje Hrvatske pripada sjeverno-egejskoj poddomeni (**IIa.**) koju karakterizira prisutnost endemskih vrsta iz rodova *Octodrilus, Octodriloides i Dendrobaena*.

1.4. Geografski informacijski sustavi (GIS) u ekološkim istraživanjima

Geografski informacijski sustavi (GIS) su računalni sustavi za obradu i analizu prostornih podataka i njihovih značajki. U užem smislu to je računalni sustav sposoban za integriranje, spremanje, uređivanje, analiziranje i prikazivanje geografskih informacija. Omogućuje izradu baze podataka s informacijama o nekom području ili lokaciji. Korištenjem GIS-a moguće je povezati prostorne podatke s ekološkim parametrima i na temelju njih donijeti zaključke o korelaciji podataka, izraditi karte i modele vezane uz ekologiju nekog područja (Jelaska, 1997).

Osnovni preduvjet za postojanje i upotrebu geografskog informacijskog sustava vezanost je bilo koje vrste podatka s pripadajućim geografskim koordinatama, bilo da se radi o pripadnosti podataka točkastom geografskom entitetu ili određenom području (biotop, planina, županija, nacionalni park, UTM ili MTB kvadrat).

U biologiji, na razini istraživanja organizma, svaki je objekt geografski određen te je poznavanjem njegovog prostornog podrijetla moguća analiza koreliranosti sa svim poznatim pripadajućim parametrima koji ekološki određuju taj prostor. Razvoj i napredak statističkih analiza i obrada podataka u GIS okruženju omogućila je da predikcijsko modeliranje postane vrlo značajan alat u mnogim znanstvenim granama, pa tako i ekologiji. Mogućnost modeliranja staništa vrsta uvelike je olakšalo i ubrzalo proces analize različitih varijabli staništa i njihovo povezivanje s prostornim podacima, te dalo jednostavan uvid u moguće ishode različitih problema. Ovakvi modeli trenutno su ključni u konzervacijskoj biologiji, analizi klimatskih promjena, biogeografiji, na kojima se često temelje planovi upravljanja ugroženih staništa i vrsta.

GIS svojom strukturom i fleksibilnošću omogućuje multidisciplinarni pristup i analizu te razumljiv i atraktivan kartografski prikaz rezultata.

U posljednjih dvadeset godina GIS je dao novu dimenziju prostornim analizama u biološkim istraživanjima. Omogućio je brzu i efikasnu primjenu velikih količina prostornih podataka, na temelju kojih se mogu vršiti različite analize velikog područja. Dobiveni rezultati najčešće su korisni i primjenjivi ne samo u znanstvene svrhe, već i za praktično i održivo upravljanje prostorom.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Budući da je lumbrikofauna Hrvatske istraživana samo sporadično tijekom povremenih boravaka znanstvenika, cilj je napraviti popis gujavica u skladu s novim saznanjima kao i ranijim podacima različitih autora, te utvrditi i analizirati konačan popis svih poznatih vrsta gujavica u Hrvatskoj. Analizirat će se rasprostranjenost gujavica na području Hrvatske zajedno s poznatim karakteristikama okoliša i geografskim podacima. Na temelju dobivenih rezultata odredit će se raznolikost gujavica, dati opći pregled njihove rasprostranjenosti i zoogeografskog položaja te izraditi karta njihovih nalazišta.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Područje istraživanja

Hrvatska se nalazi na jugoistoku Europe, između 42° 23′ i 46° 33′ sjeverne zemljopisne širine, te 13° 30′ i 19° 27′ istočne zemljopisne dužine. Nalazi se u umjerenom klimatskom pojasu sjeverne zemljine polutke te su zbog takvog položaja klimatske prilike povoljne i umjerene, bez temperaturnih ekstrema. Po prirodnoj raznolikosti – georaznolikosti i bioraznolikosti – Hrvatska je iznimno bogata zemlja. Obuhvaća prostor na području 3 biogeografske regije od ukupno 9 u Europi, koje su svaka za sebe karakteristične po vegetaciji, klimi, topografiji i geologiji (EEA, 2002). Razlikujemo kontinentalnu, alpsku i mediteransku regiju čije karakteristike su navedene u sljedećim poglavljima (Slika 5).



Slika 5. Biogeografske regije u Hrvatskoj, određene prema Europskoj agenciji za okoliš (EEA, 2002). A Kontinentalna, B Alpska i C Mediteranska. Prilagođeno prema: Web 5.

3.1.1. Kontinentalna regija

Kontinentalna regija je druga najveća europska biogeografska regija. Obuhvaća otprilike 25% teritorija Europe i spaja većinu ostalih biogeografskih regija. Kontinentalna regija obuhvaća prostor sjeverne, sjeverozapadne i sjeveroistočne Hrvatske. Ovo područje je pod utjecajem kontinentalne klime (vruća ljeta i hladne zime) i velikih rijeka Dunavskog sliva. One su imale ključnu ulogu u formiranju krajolika te njegove bioraznolikosti. Tla su izuzetno plodna, stoga se uglavnom koriste za poljoprivrednu proizvodnju. Kako se višak vlage smanjuje na jugoistoku, ispiranje postaje manje intenzivno i podzoli ustupaju mjesto sivim i smeđim šumskim tlima koja su manje kisela, imaju puno veći sadržaj organske tvari te veću plodnost.

Na području kontinentalne regije Hrvatske ističu se planine poput Papuka, Psunja, Krndije, Moslavačke gore, Medvednice i Žumberka, čija geološka raznolikost rezultira velikom biološkom raznolikosti te brojnim endemskim vrstama.

3.1.2. Alpska regija

Alpsku regiju čine planinska područja od Sredozemnog mora do zapadnog Sibira, čime je obuhvaćeno i područje Hrvatske. Pokazuje veliku raznolikost ekosustava i staništa od kojih je 90% prirodno ili poluprirodno. Šume pokrivaju više od 40% regije dok travnjaci pokrivaju 25% regije (EEA, 2002). Većina planinskih područja ima visok stupanj endemizma (Ozenda, 1994). Alpska regija zauzima prostor središnje Hrvatske i najmanja je biogeografska regija u Hrvatskoj. Na tom području proteže se planinski sustav Dinarida smjerom sjeverozapad-jugoistok uzduž obale Jadranskog mora. Dinaridi su izdignuti alpskom orogenezom zbog podvlačenja afričke ploče pod euroazijsku. Na rasprostranjenost i raznolikost vrsta te razvoj vegetacije, veliki utjecaj imaju visinski gradijenti, klimatski utjecaji, tipovi tla te geologija. Planine Dinarida građene su pretežno od vapnenca i karakterizira ih krški reljef. Gorski kotar je prijelazno područje između Alpa i Dinarida, a veliki dio Gorskog kotara zauzima Velika Kapela za koju su karakteristične Bijele i Samarske stijene, Bjelolasica te Klek dok se na zapadnom i sjevernom rubu ističu Risnjak, Tuhobić te Bitoraj.

Klima je najvećim dijelom umjereno kontinentalna, dok najviši vrhovi imaju planinsku klimu. Alpe i Dinaridi sprječavaju daljnji prodor zračnih struja s juga prema unutrašnjosti, stoga dijelovi uz samo podnožje planinskih lanaca primaju najveću količinu padalina. Različiti tipovi tla izmjenjuju se na malom prostoru, a uzrok tome leži u

geomorfološkoj strukturi terena, klimi, matičnom supstratu, glacijalnim i nivacijskim procesima te antropogenim utjecajima.

3.1.3. Mediteranska regija

Mediteranska regija i Sredozemno more predstavljaju granično područje između Europe, Azije i Afrike u pogledu klime te vrsta prisutnih na tom području. Regija obuhvaća otprilike 11% europskog teritorija, a prostire se na više od 4 000 kilometara te obuhvaća i prostor Republike Hrvatske. Mediteranska regija Hrvatske prostire se na području pod utjecajem Jadranskog mora i sredozemne klime. Izrazito promjenjiva topografija i složena geologija s mnogo izoliranih područja, zajedno sa povoljnim klimatskim uvjetima tijekom dugog vremenskog razdoblja, čine mediteransku regiju središtem diverzifikacije flore i faune (Blondel, 1999).

Ovu regiju karakteriziraju brdsko planinski krajolici s unutarnjim visoravnima između niskih planina. Obale su stjenovite, mjestimice s pješčanim plažama i uvalama, međutim, većina visoravni nalazi se između 200 i 500 metara nadmorske visine.

Prema Köpenovoj klasifikaciji klime, cijelo područje Jadrana, osim njegovog krajnjeg sjevernog i sjeverozapadnog dijela, ima mediteransku klimu s vrućim, suhim ljetima i blagim zimama (klase Cs i Cf). Količina padalina raste od otoka prema obali i od sjeverozapada prema jugoistoku. S obzirom na vegetaciju, karakterističan je degradirani šumski pokrov, stoga je najveći dio površina pod makijom, garigom, šikarama i kamenjarom. Tla u regiji dosta variraju i obično imaju nizak sadržaj organske tvari. Uz obalni pojas, zastupljena su smeđa tla i crvenice na vapnencima i dolomitima.

Na području mediteranske regije nalaze se prostrana područja iznimnih prirodnih vrijednosti poput nacionalnih parkova (NP Krka, NP Paklenica, NP Kornati, NP Brijuni i NP Mljet) te parkova prirode (PP Učka, PP Biokovo i djelomično PP Velebit).

3.2. Izvori podataka o nalazima gujavica

U Hrvatskoj do sada nije obavljeno nijedno sustavno istraživanje faune gujavica. Djelomična istraživanja proveli su znanstvenici koji su istraživali na širem području te tako istražili i dio teritorija Republike Hrvatske (Rosa, 1895; Michaelsen 1900, 1908; Szüts, 1919; Šapkarev 1979). Njihove literaturne zapise kao i nalaze vlastitih istraživanja, objedinio je Mršić u opsežnoj monografiji gujavica Balkana (Mršić, 1991). Zabilježeno je 166 vrsta i podvrsta gujavica za područje bivše Jugoslavije, od čega su 64 vrste i podvrste zabilježene za Hrvatsku. Djelomična istraživanja provela je i A. Jelić (1985), međutim, samo na području istočne Slavonije. U analizu su uključeni i nalazi višegodišnjeg terenskog rada Laboratorija za analizu bioloških sustava pri Odjelu za biologiju te podaci koje je u svom radu objavila T. Szederjesi (2013). Prikupljeni podaci uneseni su u Microsoft Office Excel 2010, a uključivali su sljedeće informacije: ime vrste, ime autora, nalazište, geografske koordinate te UTM oznake mjesta gdje su pronađene. Koristeći nastalu excel bazu podataka, omogućena je izrada karata pomoću DIVA-GIS softvera (Hijmans i sur., 2004).

Dakle, pregledom ukupne literature izrađen je popis gujavica na području Hrvatske te njihova zastupljenost u biogeografskim regijama.

3.3. Obrada podataka u DIVA-GIS programu

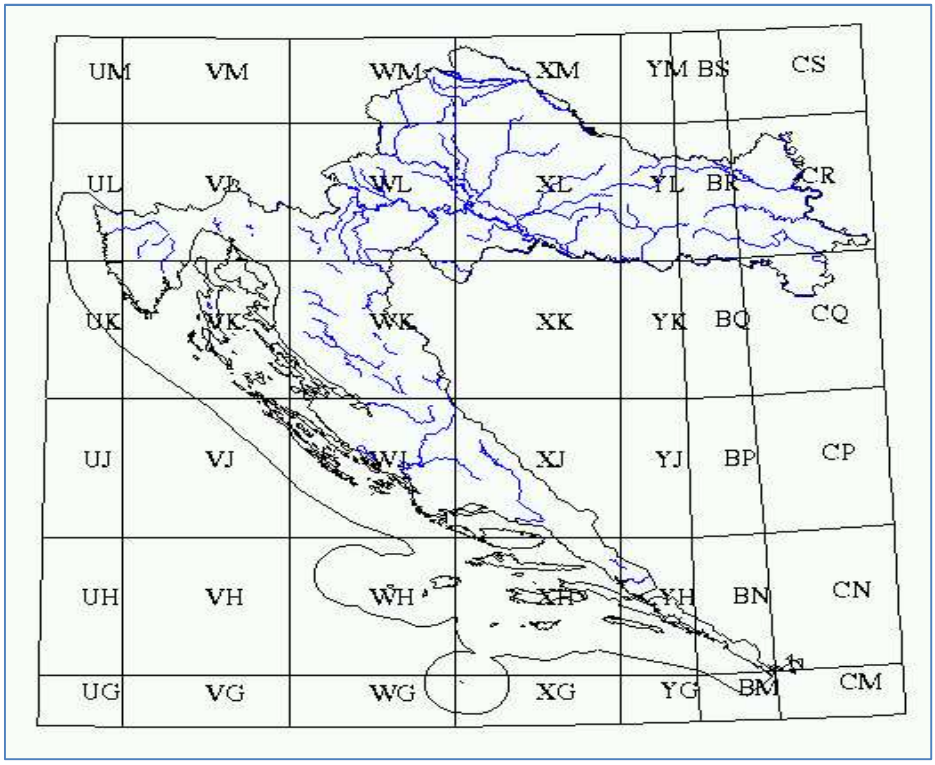
U ovom radu korišten je besplatni računalni program DIVA-GIS koji omogućuje kartiranje i analizu prostornih podataka (http://www.diva-gis.org/). Koristi se za analizu rasprostranjenosti organizama te povezivanje sa geografskim i ekološkim obrascima. Temeljna podloga koja je korištena u ovom radu je karta administrativnih jedinica RH dostupna na web stranici DIVA-GIS-a.

Na temelju pripadajućih UTM oznaka (Slika 6), pomoću Google Eartha omogućeno je određivanje geografskih koordinata lokaliteta na kojima su pronađene gujavice (http://www.google.com/earth/index.html). Vrste s pripadajućim UTM oznakama te geografskim koordinatama unesene su u tablicu u MS Excel programu te prebačene u decimalni zapis pomoću formule:

$$DC = h \times (d + \frac{m}{60} + \frac{s}{3600})$$

gdje DC označava decimalni zapis, d označava stupnjeve (°), m minute (') i s sekunde (") dok h = 1 označava sjevernu i istočnu hemisferu, a -1 južnu i zapadnu hemisferu. Zatim su napravljene CSV datoteke za grupni unos vrsta koje su sadržavale ime vrste te geografske koordinate nalazišta pretvorene u decimalni zapis. Sljedeći korak bio je dodavanje prethodno napravljene CSV datoteke u DIVA-GIS program te izrada karata.

U radu su korištene metode georeferenciranja, geografskih transformacija i obrade podataka u okviru GIS programa što je omogućilo istovremeno korištenje i sintezu brojnih prostornih podloga iz različitih izvora koje su se odnosile na zadatak.



Slika 6. Karta Hrvatske s UTM mrežom (100 x 100 km. poljima). Izvor: Web 6.

3.4. Korištene statističke metode

Bogatstvo vrsta (S) jedan je od najvažnijih elemenata bioraznolikosti jer je broj vrsta koje postoje na određenom području kvantitativna mjera biološke raznolikosti i omogućuje usporedbu s drugim područjima. Iako bogatstvo vrsta predstavlja važan parametar prilikom uspoređivanja zajednica, ono nam ne govori u kojoj su mjeri vrste bogate ili siromašne jedinkama (gubi se informacija da su neke vrste rijetke, a druge česte). Stoga se zajednice međusobno razlikuju u broju vrsta koje sadrže (bogatstvo vrsta), ali i u relativnim brojnostima tih vrsta (ujednačenost vrsta) (Verweij, 1995). Ova dva parametra zajedno čine raznolikost vrsta koja je važan element strukture zajednica.

U načelu, radi se o odnosu broja vrsta i ukupne brojnosti te se pomoću ta dva parametra nastoje definirati karakteristike zajednice. Matematički izrazi raznolikosti vrsta, izrazi koji uzimaju u obzir oboje, broj vrsta i način na koji su jedinke u zajednici raspoređene između vrsta, nazivaju se indeksi raznolikosti.

Za izračunavanje ujednačenosti, bogatstva i raznolikosti vrsta korišteni su Shannonov (Shannon, 1949) i Simpsonov indeks raznolikosti (Simpson, 1949). Oni daju bolju informaciju o sastavu neke zajednice od samog broja prisutnih vrsta, jer u obzir uzimaju i relativnu brojnost različitih vrsta. Za usporedbu sličnosti sastava zajednica između određenih područja, korišten je Sørensenov indeks sličnosti (Sørensen, 1949).

3.4.1. Shannonov indeks raznolikosti

Shannonov indeks raznolikosti vrlo je široko korišteni indeks koji omogućuje usporedbu raznolikosti između različitih staništa (Clarke i Warwick, 2001). Uzima u obzir broj vrsta i distribuciju jedinki između vrsta, a označava heterogenost faune (Murray, 1991). To je uobičajeno korištena metoda koja se bazira na informacijskoj teoriji (H), a računa se prema Shannonovoj formuli (Shannon, 1949):

$$H(S) = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i$$

gdje je H = Shannonov indeks raznolikosti,

S = broj nalazišta vrste,

p_i = udio nalazišta vrste.

Shannonov indeks pripada tipu I indeksa raznolikosti, koji su najosjetljiviji na promjene rijetkih vrsta u uzorku iz neke zajednice, dok su indeksi tipa II najosjetljiviji na promjene učestalijih vrsta (Peet, 1974). Maksimalna vrijednost indeksa za bilo koji broj vrsta postiže se kada sve vrste imaju jednaku zastupljenost unutar zajednice ($H(S)_{\max} = \ln S$), odnosno kada imaju jednak broj predstavnika. Vrijednost Shannonovog indeksa raznolikosti obično je između 1.5 i 3.5, dok rijetko nadilazi vrijednost 4.5. Vrijednosti blizu 4.6 ukazuju na to da je broj jedinki ravnomjerno raspoređen između svih vrsta. U praksi, za biološke zajednice, Shannonov indeks raznolikosti uglavnom ne prelazi 5.0 (Washington, 1984).

Usporedno s izračunavanjem raznolikosti po Shannonu može se odrediti i ujednačenost vrsta (E) prema Pieolu. Kvantitativno se može izraziti na način da se indeks raznolikosti izrazi kao proporcija od maksimalno moguće vrijednosti, koja je jednaka broju vrsta u zajednici (S). Indeks ujednačenosti vrsta (E) unutar neke zajednice u ovom je istraživanju primijenjen za računanje ujednačenosti vrsta gujavica unutar biogeografskih regija Hrvatske. Taj indeks se računa prema formuli (Pieolu, 1975):

$$E = H/H_{max} = H/\ln S$$

gdje je H = Shannonov indeks raznolikosti,
S = ukupan broj nalazišta vrste.

Raspon vrijednosti Pielouovog indeksa je između 0 i 1 pri čemu vrijednost 1 označava potpunu ujednačenost vrsta (Smith i Wilson, 1996). Od dvije zajednice s istim brojem vrsta više je raznolika ona u kojoj su sve vrste podjednako brojne, a manje je raznolika ona u kojoj neke vrste dominiraju, a druge su nazočne s vrlo malom gustoćom populacija (Pielou, 1974).

3.4.2. Simpsonov indeks raznolikosti

Simpsonov indeks (D) je mjera raznolikosti koja uzima u obzir bogatstvo vrsta i ujednačenost vrsta na određenom području. U suštini mjeri vjerojatnost da dvije nasumce odabrane jedinke određenog područja pripadaju istoj vrsti. Računa se prema formuli (Simpson,1949):

$$D = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N-1)}$$

gdje je D = Simpsonov indeks raznolikosti,

n_i = broj nalazišta vrste,

N = ukupan broj nalazišta.

Vrijednost D varira između 0 i 1 pri čemu 0 predstavlja veliku bioraznolikost vrsta dok 1 govori da nema bioraznolikosti. Dakle, što je veća vrijednost D, manja je bioraznolikost vrsta. Međutim, najčešće se koristi recipročna vrijednost Simpsonovog indeksa (1/D) radi očiglednijeg izraza razlika između razolikosti u pojedinim zajednicama (Magurran, 1988; Heroldová i sur., 2006). Simpsonov indeks osjetljiv je na razlike veličine populacija pojedinih vrsta, a manje je osjetljiv na ukupan broj vrsta u zajednici.

3.4.3. Sørensenov indeks sličnosti

Sørensenov indeks sličnosti jedan je od najšire korištenih indeksa sličnosti. Sørensen ga je zasnovao na pretpostavci da svaka vrsta ima iste teoretske šanse da bude prisutna na dva područja, tj. da se bilo koja vrsta može javiti u jednoj ili dvije zajednice kada se usporede. Tako ovaj koeficijent izražava odnos stvarnog broja zajedničkih vrsta i teoretski mogućih zajedničkih vrsta. Nadalje, Sørensenov indeks daje veću težinu zajedničkim vrstama u odnosu na vrste koje su jedinstvene za samo jedno od područja. Vrijednost indeksa varira od 0 do 1 gdje 0 označava da nema zajedničkih vrsta između zajednica, a 1 da su potpuno jednake vrste prisutne u obje zajednice. Računa se prema formuli (Sørensen, 1949):

$$IS_s = \frac{2c}{A+B} * 100$$

gdje je c = broj zajedničkih vrsta

A = ukupan broj vrsta prisutnih u prvom uzorku

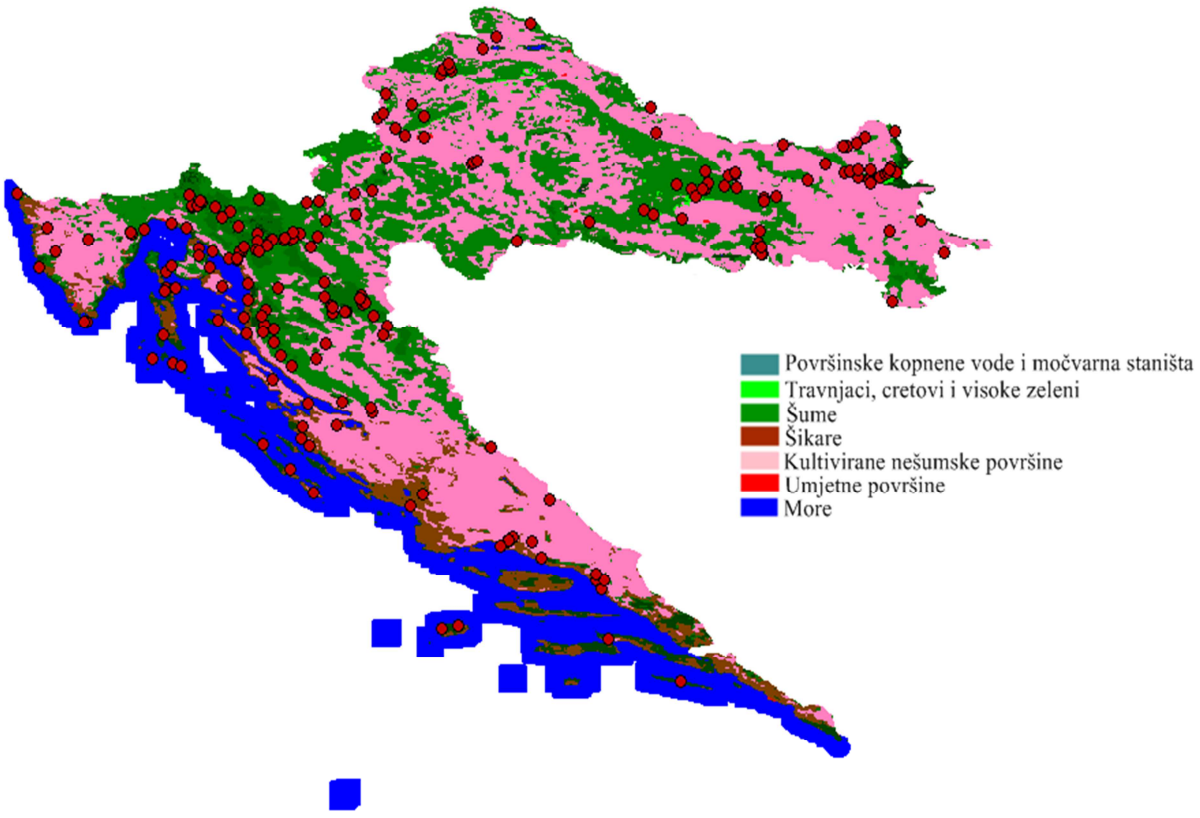
B = ukupan broj vrsta prisutnih u drugom uzorku.

Za statističku obradu podataka korišten je ANOVA test sa statističkom značajnošću među varijablama $p < 0.05$.

4. REZULTATI

4.1. Bogatstvo vrsta

Analiza rasprostranjenosti gujavica napravljena je na području Republike Hrvatske koju čine tri biogeografske regije – kontinentalna, alpska i mediteranska. Obradom literaturnih podataka, gujavice su svrstane u 68 vrsta te 17 rodova. Konačan popis danas poznatih vrsta gujavica u Hrvatskoj kao i njihova zastupljenost prema biogeografskim regijama može se vidjeti u tablici (Tablica 1). Obradom podataka u DIVA-GIS programu, u skladu s različitim stanišnim tipovima utvrđenim prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa (2010), napravljena je karta nalazišta gujavica na području Hrvatske (Slika 7). Nadalje, prikazana su nalazišta svake pojedinačne vrste gujavica (Slika 8-19). Analizirajući ukupnu rasprostranjenost, najčešće i široko rasprostranjene vrste gujavica na području Hrvatske su *Aporrectodea rosea*, *Octolasion lacteum*, *Lumbricus rubellus*, *Dendrodrilus rubidus rubidus* i *Eiseniella tetraedra*. Većina vrsta pripada rodovima *Octodrilus* (15) *Aporrectodea* (11) i *Dendrobaena* (10). Najveći broj vrsta gujavica zabilježen je u kontinentalnoj regiji (46), a zatim slijede mediteranska (40) i alpska regija (34).



Slika 7. Rasprostranjenost stanišnih tipova na području Republike Hrvatske utvrđenih prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa (2010). Crveno su označena nalazišta gujavica.



Allolobophora (s.l.) *altimontana*



Allolobophora chlorotica chlorotica



Allolobophora (s.l.) *leoni*



Allolobophora (s.l.) *sturanyi sturanyi*



Allolobophoridella eiseni



Aporrectodea caliginosa

Slika 8. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa.



Aporrectodea (s.l.) *dubiosa*



Aporrectodea georgii



Aporrectodea handlirschi



Aporrectodea jassyensis



Aporrectodea pannoniella



Aporrectodea papukiana

Slika 9. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).



Aporrectodea rosea



Aporrectodea sineporis



Aporrectodea smaragdina



Aporrectodea trapezoides



Bimastos parvus



Dendrobaena alpina alpina

Slika 10. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).



Dendrobaena attemsi



Dendrobaena bokakotorensis



Dendrobaena byblica



Dendrobaena cognettii



Dendrobaena ganglbaueri



Dendrobaena illyrica

Slika 11. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).



Dendrobaena octaedra



Dendrobaena papukiana



Dendrobaena veneta veneta



Dendrodrilus rubidus rubidus



Dendrodrilus rubidus subrubicundus



Eisenia andrei

Slika 12. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).



Eisenia fetida



Eisenia lucens



Eisenia spelaea



Eiseniella tetraedra



Fitzingera platyura depressa



Helodrilus jadronensis

Slika 13. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).



Lumbricus castaneus



Lumbricus meliboeus



Lumbricus polyphemus



Lumbricus rubellus



Lumbricus terestris



Murchieona minuscula

Slika 14. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).



Octodriloides bolei



Octodriloides janetscheki



Octodriloides kamnensis



Octodriloides kovacevici



Octodriloides poklonensis



Octodrilus bretscheri

Slika 15. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).



Octodrilus complanatus



Octodrilus croaticus



Octodrilus istrianus



Octodrilus kvarnerus



Octodrilus lissaensis



Octodrilus mimus

Slika 16. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).



Octodrilus pseudolissaensis



Octodrilus pseudotranspadanus



Octodrilus pseudozirianus



Octodrilus rucneri



Octodrilus slovenicus



Octodrilus tergestinus

Slika 17. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).



Octodrilus transpadanus



Octodrilus velebiticus



Octolasion cyaneum



Octolasion lacteum



Perelia biokovica



Perelia nematogena

Slika 18. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).



Proctodrilus antipai



Proctodrilus tuberculatus

Slika 19. Karta Hrvatske sa naznačenim nalazištima pojedinačnih vrsta gujavica prikazana pomoću DIVA-GIS programa (nastavak).

Tablica 1. Popis vrsta gujavica i tip rasprostranjenja te njihova zastupljenost na području biogeografskih regija Hrvatske

	Vrsta	Tip rasprostranjenja	Zoogeografski položaj po regijama		
			Alpska	Kontinentalna	Mediteranska
1	*Allolobophora* (s.l.) *altimontana* (Mršić, 1982)	Endemski	+	-	-
2	*Allolobophora chlorotica chlorotica* (Savigny, 1826)	Peregrini	-	+	+
3	*Allolobophora* (s.l.) *leoni* (Michaelsen, 1891)	Trans-egejski	-	+	-
4	*Allolobophora* (s.l.) *sturanyi sturanyi* (Rosa, 1895)	Dinarsko-karpatski	+	-	+
5	*Allolobophoridella eiseni* (Levinsen, 1884)	Peregrini	-	-	+
6	*Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826)	Peregrini	+	+	+
7	*Aporrectodea* (s.l.) *dubiosa* (Örley, 1881)	Trans-egejski	-	+	-
8	*Aporrectodea georgii* (Michaelsen, 1890)	Atlantsko-mediteranski	-	+	+
9	*Aporrectodea handlirschi* (Rosa, 1897)	Trans-egejski	+	-	-
10	*Aporrectodea jassyensis* (Michaelsen, 1891)	Trans-egejski	+	+	-
11	*Aporrectodea pannoniella* (Mršić, 1987)	Endemski (SE)	-	+	-
12	*Aporrectodea papukiana* (Mršić, 1987)	Endemski (SE)	-	+	-
13	*Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826)	Peregrini	+	+	+
14	*Aporrectodea sineporis* (Omodeo, 1952)	Alpsko-dinarsko-karpatski	-	+	-

*SE – stenoendemske vrste

Tablica 1. Popis vrsta gujavica i tip rasprostranjenja te njihova zastupljenost na području biogeografskih regija Hrvatske (nastavak)

Vrsta	Tip rasprostranjenja	Zoogeografski položaj po regijama		
		Alpska	Kontinentalna	Mediteranska
15 *Aporrectodea smaragdina* (Rosa, 1892)	Alpsko-dinarsko-karpatski	+	+	+
16 *Aporrectodea trapezoides* (Dugès, 1828)	Peregrini	-	+	+
17 *Bimastos parvus* (Eisen, 1874)	Peregrini	+	-	+
18 *Dendrobaena alpina alpina* (Rosa, 1884)	Balkansko-alpski	+	-	+
19 *Dendrobaena attemsi* (Michaelsen, 1902)	Balkansko-alpski	+	-	-
20 *Dendrobaena bokakotorensis* (Šapkarev, 1975)	Endemski	-	-	+
21 *Dendrobaena byblica* (Rosa, 1893)	Holomediteranski	+	-	+
22 *Dendrobaena cognettii* (Michaelsen, 1903)	Atlantsko-mediteranski	-	-	+
23 *Dendrobaena ganglbaueri* (Rosa, 1893)	Ilirski	-	+	-
24 *Dendrobaena illyrica* (Cognetti, 1906)	Ilirski	-	+	-
25 *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826)	Peregrini	+	+	+
26 *Dendrobaena papukiana* (Mršić, 1988)	Endemski (SE)	-	+	-
27 *Dendrobaena veneta veneta* (Rosa, 1886)	Peregrini	-	-	+
28 *Dendrodrilus rubidus rubidus* (Savigny, 1826)	Peregrini	+	+	+
29 *Dendrodrilus rubidus subrubicundus* (Eisen, 1874)	Peregrini	+	+	+

* SE – stenoendemske vrste

Tablica 1. Popis vrsta gujavica i tip rasprostranjenja te njihova zastupljenost na području biogeografskih regija Hrvatske (nastavak)

	Vrsta	Tip rasprostranjenja	Zoogeografski položaj po regijama		
			Alpska	Kontinentalna	Mediteranska
30	*Eisenia andrei* (Bouché, 1972)	Peregrini	-	+	-
31	*Eisenia fetida* (Savigny, 1826)	Peregrini	-	+	+
32	*Eisenia lucens* (Waga, 1857)	Srednjoeuropski (planinski)	+	+	-
33	*Eisenia spelaea* (Rosa, 1901)	Srednjoeuropski (planinski)	-	+	-
34	*Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826)	Peregrini	+	+	+
35	*Fitzingera platyura depressa* (Rosa, 1893)	Srednjoeuropski (planinski)	-	+	-
36	*Helodrilus jadronensis* (Šapkarev, 1989)	Endemski (SE)	-	-	+
37	*Lumbricus castaneus* (Savigny, 1826)	Peregrini	+	+	-
38	*Lumbricus meliboeus* (Rosa, 1884)	Alpsko-dinarski	+	+	-
39	*Lumbricus polyphemus* (Fitzinger, 1833)	Srednjoeuropski (planinski)	-	+	-
40	*Lumbricus rubellus* (Hoffmeister, 1843)	Peregrini	+	+	+
41	*Lumbricus terestris* (Linnaeus, 1758)	Peregrini	+	+	-
42	*Murchieona minuscula* (Rosa, 1905)	Peregrini	-	+	-
43	*Octodriloides bolei* (Mršić, 1987)	Endemski	-	+	-
44	*Octodriloides janetscheki* (Zicsi, 1970)	Alpsko-dinarski	-	+	-
45	*Octodriloides kamnensis* (Baldasseroni, 1919)	Južno-alpski	-	+	-

*SE – stenoendemske vrste

Tablica 1. Popis vrsta gujavica i tip rasprostranjenja te njihova zastupljenost na području biogeografskih regija Hrvatske (nastavak)

	Vrsta	Tip rasprostranjenja	Zoogeografski položaj po regijama		
			Alpska	Kontinentalna	Mediteranska
46	*Octodriloides kovacevici* (Zicsi, 1970)	Alpsko-dinarski	+	+	-
47	*Octodriloides poklonensis* (Mršić, 1991)	Endemski (SE)	-	-	+
48	*Octodrilus bretscheri* (Zicsi, 1969)	Alpsko-dinarski	+	-	+
49	*Octodrilus complanatus* (Dugès, 1828)	Holomediteranski	+	+	+
50	*Octodrilus croaticus* (Rosa, 1895)	Alpsko-dinarski	+	-	+
51	*Octodrilus istrianus* (Mršić, 1991)	Endemski (SE)	-	-	+
52	*Octodrilus kvarnerus* (Mršić, 1987)	Endemski (SE)	+	-	+
53	*Octodrilus lissaensis* (Michaelsen, 1891)	Alpsko-dinarski	+	+	+
54	O*ctodrilus mimus* (Rosa, 1889)	Endemski	+	+	+
55	*Octodrilus pseudolissaensis* (Mršić, 1991)	Endemski	+	+	+
56	*Octodrilus pseudotranspadanus* (Zicsi, 1971)	Endemski	-	+	-
57	*Octodrilus pseudozirianus* (Mršić, 1991)	Endemski (SE)	-	+	-
58	*Octodrilus rucneri* (Plisko i Zicsi, 1970)	Endemski	-	-	+
59	*Octodrilus slovenicus* (Karaman, 1972)	Endemski	+	-	-
60	*Octodrilus tergestinus* (Michaelsen, 1910)	Endemski	+	-	+

*SE – stenoendemske vrste

Tablica 1. Popis vrsta gujavica i tip rasprostranjenja te njihova zastupljenost na području biogeografskih regija Hrvatske (nastavak)

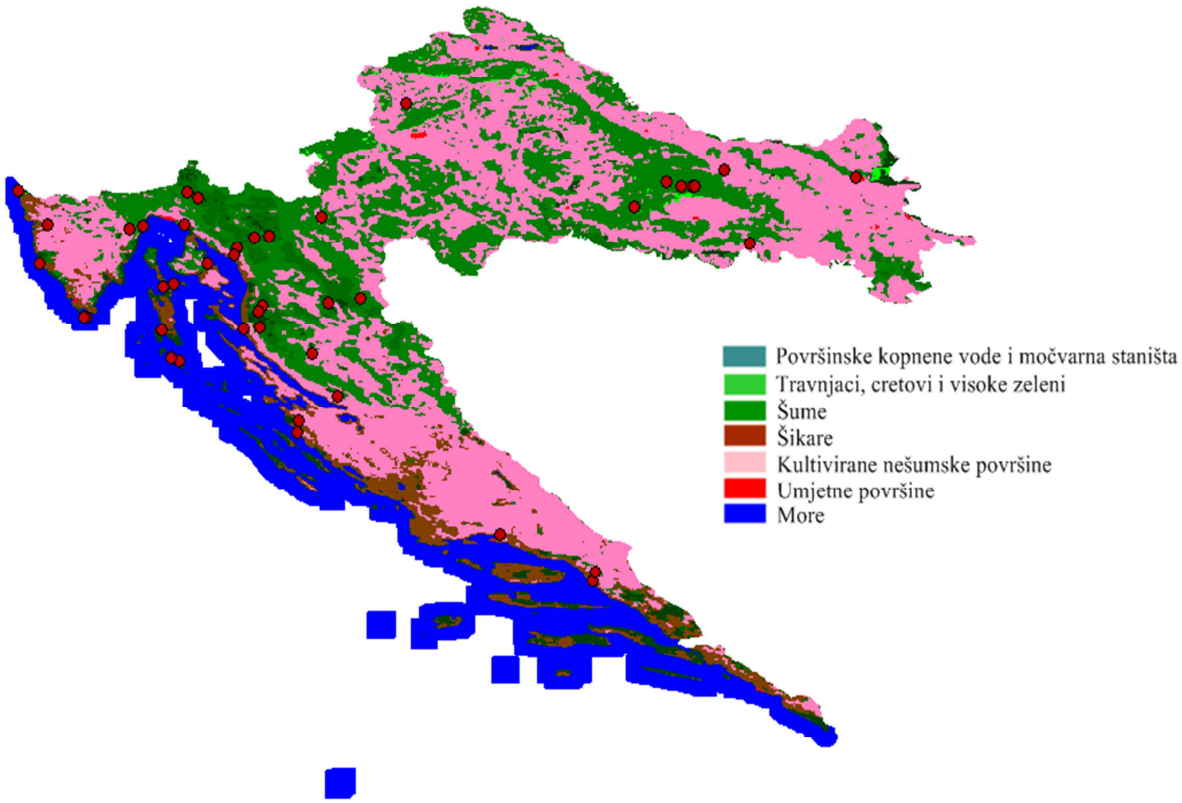
Vrsta	Tip rasprostranjenja	Zoogeografski položaj po regijama		
		Alpska	Kontinentalna	Mediteranska
61 *Octodrilus transpadanus* (Rosa, 1884)	Trans-egejski	+	+	+
62 *Octodrilus velebiticus* (Mršić, 1991)	Endemski (SE)	+	-	-
63 *Octolasion cyaneum* (Savigny, 1826)	Peregrini	-	+	-
64 *Octolasion lacteum* (Örley, 1885)	Peregrini	+	+	+
65 *Perelia biokovica* (Mršić, 1985)	Endemski (SE)	-	-	+
66 *Perelia nematogena* (Rosa, 1903)	Južno-alpski	+	+	+
67 *Proctodrilus antipai* (Michaelsen, 1891)	Srednjoeuropski	-	+	+
68 *Proctodrilus tuberculatus* (Černosvitov, 1935)	Trans-egejski	-	+	-

*SE – stenoendemske vrste

4.2. Zoogeografska analiza

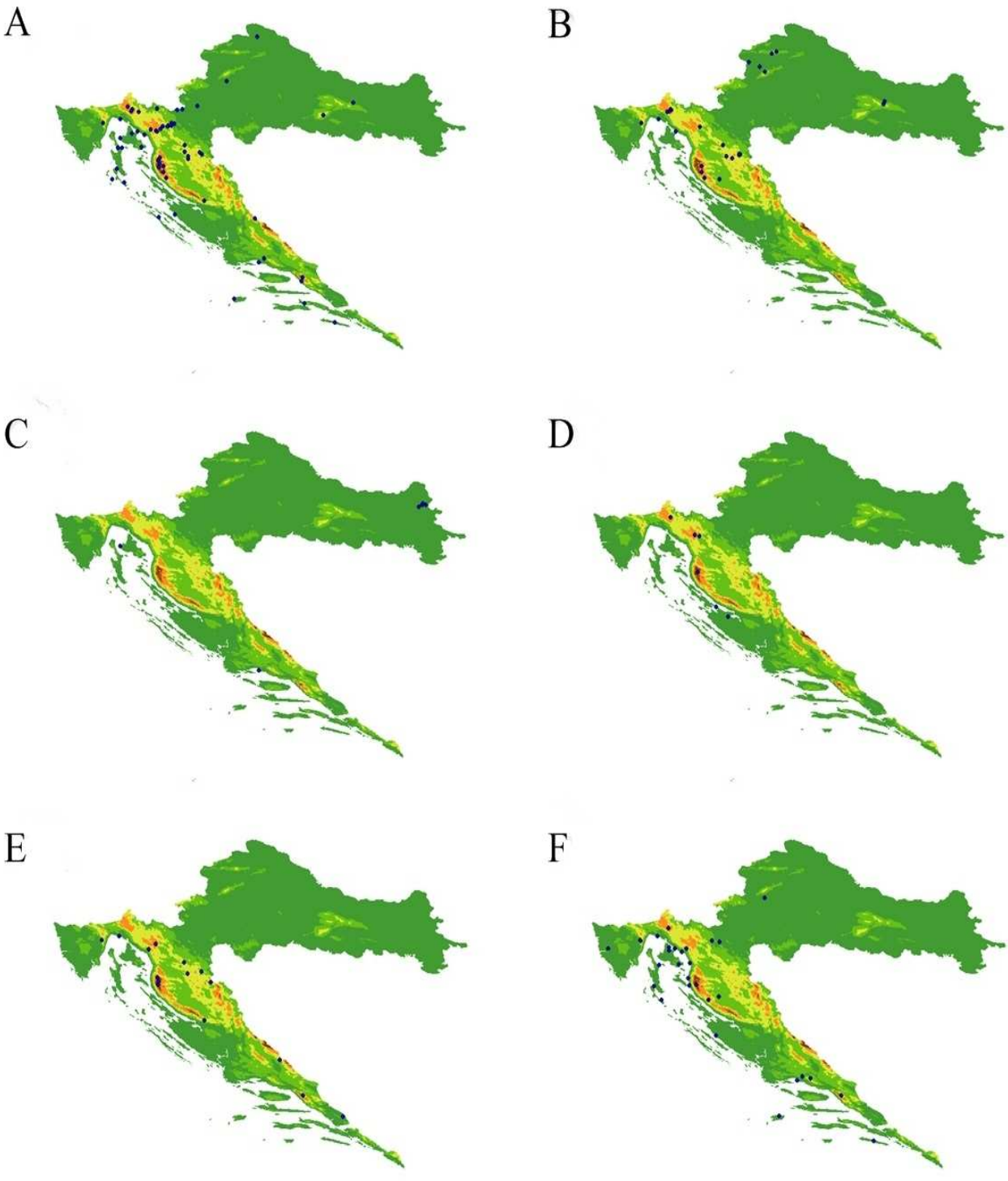
Zoogeografskom analizom utvrđeno je 13 tipova rasprostranjenja gujavica (Tablica 1). Gotovo dvije trećine od ukupnog broja vrsta gujavica imaju endemski (28%), peregrini (28%), trans-egejski (9%), alpsko-dinarski (9%) te srednjoeuropski (planinski) (6%) tip rasprostranjenja. Zatim slijede atlantsko-mediteranski, alpsko-dinarsko-karpatski, balkansko-alpski, holomediteranski, ilirski te južno-alpski koji su zastupljeni sa samo dvije vrste (3%). Naposlijetku, vrstama najsiromašniji tipovi rasprostranjenja su srednjoeuropski i dinarsko-karpatski zastupljeni sa samo jednom vrstom (1%).

Od ukupno 19 endemskih vrsta gujavica, 10 vrsta je endemsko samo za područje Hrvatske (stenoendemi), a 9 za područje Hrvatske i susjednih zemalja (Italija, Slovenija, Mađarska i Crna Gora). S obzirom na veliku važnost endemskih vrsta gujavica, izrađene su karte njihove rasprostranjenosti u skladu s različitim stanišnim tipovima na području Hrvatske. Endemske vrste gujavica pronađene su na planinskim područjima u alpskoj i kontinentalnoj regiji, koja su uglavnom prekrivena šumskim pokrovom i autohtonom vegetacijom, te na otocima i prostorima uz obalu Jadranskog mora (Slika 20).

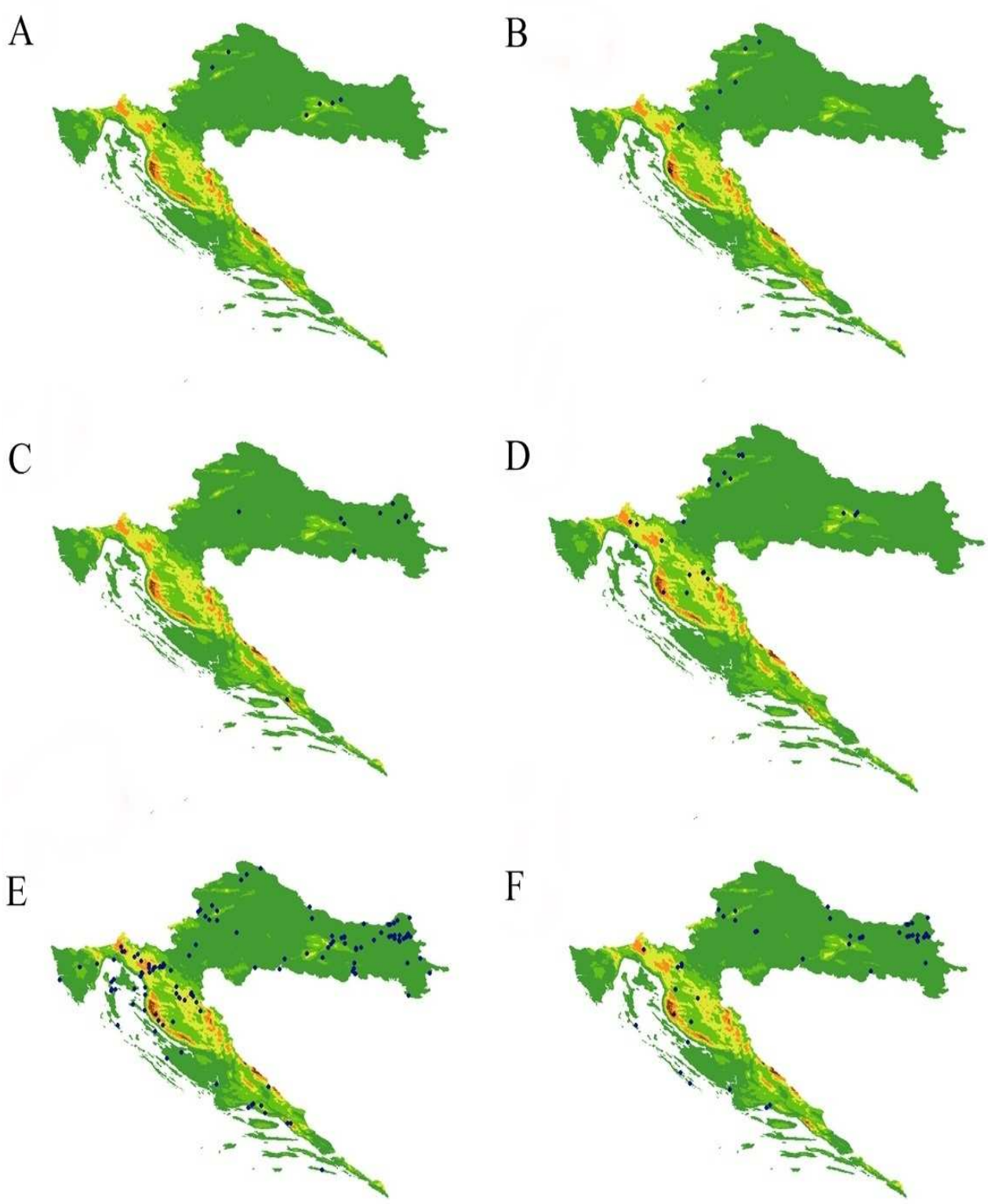


Slika 20. Rasprostranjenost endemskih vrsta gujavica na području Hrvatske u skladu sa stanišnim tipovima utvrđenim prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa (2010).

Nadalje, obradom podataka u DIVA-GIS programu, napravljene su karte koje prikazuju ostale tipove rasprostranjenja gujavica na području Hrvatske (Slika 21, 22).



Slika 21. Tipovi rasprostranjenja gujavica na području Hrvatske: A Alpsko-dinarski, B Alpsko-dinarsko-karpatski, C Atlantsko-mediteranski, D Balkansko-alpski, E Dinarsko-karpatski, F Holomediteranski



Slika 22. Tipovi rasprostranjenja gujavica na području Hrvatske (nastavak): A Ilirski, B Južno-alpski, C Srednjoeuropski, D Srednjoeuropski (planinski), E Peregrini, F Trans-egejski.

4.3. Indeksi sličnosti i raznolikosti

Budući da je Hrvatska podijeljena na tri biogeografske regije, napravljena je usporedba sličnosti faune gujavica te tri regije (Tablica 3) te su izračunati indeksi raznolikosti unutar svake regije (Tablica 2).

Prema Sørensenovom indeksu, najveći stupanj faunističke sličnosti uočen je između alpske i mediteranske regije s 26 zajedničkih vrsta (70%). Podjednaki stupanj sličnosti uočen je između kontinentalne i mediteranske regije (45%) s 19 zajedničkih vrsta te kontinentalne i alpske regije s 20 zajedničkih vrsta (50%) (Tablica 3).

Najviša vrijednost Shannonovog indeksa raznolikosti (H) utvrđena je u kontinentalnoj regiji i iznosi 3.28 (najveći broj vrsta), a najniža u alpskoj regiji gdje iznosi 3.01 (najmanji broj vrsta). Vrijednost za mediteransku regiju iznosi 3.08 (Tablica 2).

Usporedno s izračunavanjem raznolikosti po Shannonu određena je i ujednačenost vrsta po Pielou (E) koja iznosi 0.60 za mediteransku regiju, 0.58 za alpsku regiju te 0.56 za kontinentalnu regiju (Tablica 2).

Vrijednost Simpsonovog indeksa iznosi 0.94 za kontinentalnu regiju te 0.93 za alpsku i mediteransku regiju (Tablica 2).

Prema vrijednostima Shannonovog i Simpsonovog indeksa, sve tri biogeografske regije Hrvatske odlikuju se velikom bioraznolikosti vrsta gujavica. Između ispitivanih uzoraka nije bilo statistički značajne razlike u vrijednostima indeksa raznolikosti ($p < 0.05$).

Tablica 2. Indeksi raznolikosti vrsta gujavica prema biogeografskim regijama Hrvatske

Indeks raznolikosti	Mediteranska regija	Alpska regija	Kontinentalna regija
Bogatstvo vrsta (S)	40	34	46
Shannon (H)	3,08	3,01	3,28
Pielou (E)	0,60	0,58	0,56
Simpson (D)	0,93	0,93	0,94

Tablica 3. Sørensenov indeks sličnosti vrsta gujavica prema biogeografskim regijama Hrvatske

	Sørensenov indeks sličnosti (%)
Alpska vs. mediteranska	70
Alpska vs. kontinentalna	50
Kontinentalna vs. mediteranska	44

5. RASPRAVA

Biološka raznolikost Hrvatske smatra se jednom od najvećih u Europi. Uzrok tome je specifičan geografski položaj na razmeđi tri biogeografske regije, od kojih svaku karakteriziraju osobiti ekološki, klimatski i geomorfološki uvjeti, te velika raznolikost staništa (EEA, 2002). Ovakve navode potvrđuju i rezultati istraživanja gujavica na području Hrvatske prema kojima su one svrstane u 68 vrsta te 17 rodova (Tablica 1). S obzirom na izuzetnu biološku raznolikost Balkanskog poluotoka (Blondel i Aronson, 1999; Myers i sur., 2000), veliko bogatstvo vrsta gujavica zabilježeno je i u susjednim zemljama (Srbija 70, Slovenija 69, Bosna i Hercegovina 47, Mađarska 37).

Najčešće i široko rasprostranjene vrste gujavica na području Hrvatske su *Aporrectodea rosea, Octolasion lacteum, Lumbricus rubellus, Dendrodrilus rubidus rubidus* i *Eiseniella tetraedra*, koje imaju peregrini tip rasprostranjenja. Većina vrsta pripada rodovima *Octodrilus (*15), *Aporrectodea* (11) i *Dendrobaena* (10). Ovakvi rezultati u skladu su sa karakteristikama sjeverno-egejske poddomene koja čini središnji i istočni dio Europe, a odlikuje se velikom raznolikosti vrsta iz rodova *Octodrilus* i *Octodriloides* (Csuzdi i Zicsi, 2003).

Nadalje, vrijednosti Shannonovog i Simpsonovog indeksa bile su najviše za kontinentalnu regiju iako bi se to moglo pripisati većem broju točaka uzorkovanja u kontinentalnom području (Tablica 2). Za ostale dvije regije zabilježene su nešto niže vrijednosti (Tablica 2), međutim nije bilo statistički značajne razlike u odnosu na kontinentalnu regiju, što sugerira da je raznolikost na svim područjima vrlo visoka. Velika raznolikost i brojnost vrsta gujavica može biti posljedica raspoloživosti vode, pH vrijednosti tla te kvalitete i kvantitete organske tvari (Campana i sur., 2002).

Prema Sørensenovom indeksu, najveći stupanj faunističke sličnosti uočen je između alpske i mediteranske regije s 26 zajedničkih vrsta (70%). Podjednaki stupanj sličnosti uočen je između kontinentalne i mediteranske regije s 19 zajedničkih vrsta (44%), te kontinentalne i alpske regije s 20 zajedničkih vrsta (50%) (Tablica 3). Peregrine vrste najviše pridonose stupnju sličnosti između regija.

Budući da je od dvije zajednice s istim brojem vrsta više raznolika ona u kojoj su sve vrste podjednako brojne, a manje je raznolika ona u kojoj neke vrste dominiraju (Pielou, 1974), vrijednosti Pielouovog indeksa prikazane u tablici mogu se pripisati većem broju točaka uzorkovanja na određenim područjima (Tablica 2).

Zoogeografska analiza pokazala je veliki broj endemskih vrsta gujavica (28%). Zbog posebnih ekoloških, klimatskih i geomorfoloških prilika te velikog broja različitih stanišnih

tipova, Republika Hrvatska je vrlo bogata endemskom florom i faunom (EEA, 2002). Od ukupnoga broja svih poznatih svojti (njih oko 38 268), 2.8% ih se smatra endemičnima (DZZP, 2009). Također, jedan od razloga velikog broja endema u Hrvatskoj leži u činjenici da ova područja nisu bila pod značajnijim utjecajem glacijacije. Na tom području je bilo pribježište flore i faune tijekom posljednjeg ledenog doba (Hewit, 1999).

Od ukupno 19 endemskih vrsta gujavica, 10 vrsta je endemsko samo za područje Hrvatske (stenoendemi), a 9 za područje Hrvatske i susjednih zemalja (Italija, Slovenija, Mađarska i Crna Gora). Najveći broj endemskih vrsta gujavica u Hrvatskoj pripada rodovima *Octodrilus* (10), *Octodriloides* (2), *Dendrobaena* (2*)* i *Aporrectodea* (2). Rodovi *Allolobophora*, *Helodrilu*s i *Perelia* zastupljeni su s jednom endemskom vrstom. Za razliku od Hrvatske, rod *Helodrilus* je zastupljen s velikim brojem endemskih vrsta gujavica na području Srbije (od 16 vrsta 12 (ili 75%) je endemsko) (Stojanović i Karaman, 2006).

Endemske vrste gujavica zastupljene su na planinskim područjima u alpskoj i kontinentalnoj regiji što je u skladu s hipotezom koju je iznio Pop (1949) prema kojoj su vrste iz porodice Lumbricidae planinskog podrijetla (Slika 20). Glavna posebnost alpske regije je krško područje i uvjeti koji ondje vladaju, a zbog svoje očuvanosti i izoliranosti, dobro su mjesto za pojavu endemskih vrsta (Ozenda, 1994). U kontinentalnoj regiji posebno se ističe Park prirode Papuk koji svojim geomorfološkim, klimatskim i vegetacijskim obilježjima pruža prirodna staništa brojnim životinjskim vrstama (Jalžić i Leitner, 2011). Njegova geološka raznolikost rezultira brojnim endemskim vrstama (Previšić i sur., 2010). Od endemskih vrsta gujavica posebno se ističu vrste *Aporrectodea papukiana* te *Dendrobaena papukiana*. Iako je fauna beskralježnjaka slabo istražena, osim endemskih vrsta gujavica, na tim područjima zabilježene su i mnoge endemske vrste obalčara, ravnokrilaca te tulara (DZZP, 2009). Veliki broj endemskih vrsta gujavica pronađen je i u mediteranskoj regiji što je povezano s fizičkim svojstvima te stupnjem izolacije otoka (MacArthur i Wilson, 1967).

Nadalje, bogatstvo vrsta gujavica može se povezati s vegetacijom koja se nalazi na tim prostorima. Postojanje, nedostatak ili promjene u sastavu vegetacije utječu na sastav vrsta gujavica zbog promjena u distribuciji i kvaliteti raspadajuće biljne tvari, svojstvima tla te raspoloživosti vode (Campana i sur., 2002). Budući da je Hrvatska fitogeografski šumsko područje Europe, endemske vrste gujavica pronađene su na područjima koja su uglavnom prekrivena šumskim pokrovom i autohtonom vegetacijom (Slika 20). S obzirom na kvartarne klimatske promjene te tektonsku povijest cijele regije (Csuzdi i sur., 2011), područje Hrvatske je služilo kao refugij za mnoge vrste drveća poput graba (*Carpinus betulus*), bukve (*Fagus sylvatica)* te hrasta (*Quercus robur*) (Bodnariuc i sur., 2002).

Ovakvi rezultati u skladu su sa središtima rasprostranjenosti sveukupne endemske flore i faune Hrvatske, a kao središta endemizma posebno se ističu Istra s Učkom i Ćićarijom, Kvarner (otoci i priobalje), Biokovo te Velebit (DZZP, 2009).

Na području Hrvatske zabilježen je i veliki postotak peregrinih vrsta gujavica (28%). Pojam peregrine vrste prvi je upotrijebio Michaelsen (1903), a označava vrste koje su široko rasprostranjene i na geografski udaljenim lokacijama. Peregrine vrste se smatraju dominantnima u poljoprivrednim i antropogeniziranim tlima (Lee, 1985). Najčešće i široko rasprostranjene peregrine vrste gujavica, zabilježene na području sve tri biogeografske regije Hrvatske, su *Aporrectodea rosea, Octolasion lacteum, Lumbricus rubellus, Dendrodrilus rubidus rubidus* i *Eiseniella tetraedra.* Na široko rasprostranjenje i veliki broj peregrinih vrsta gujavica utječe i deforestacija, odnosno antropogenizacija tala na što su endemske vrste, koje su većinom stenovalentne, osjetljivije.

Nadalje, vrste gujavica koje imaju trans-egejski tip rasprostranjenja pokazuju razdvojenu distribuciju (*Allolobophora leoni, Aporrectodea dubiosa, Aporrectodea handlirschi, Octodrilus transpadanus*, *Octodrilus tuberculatus*) (Slika 22). Osim šireg srednjoeuropskog raspona, transegejske vrste gujavica zauzimaju manje površine oko istočne i južne obale Crnog mora.

Vrste gujavica koje imaju srednjoeuropski tip rasprostranjenja (*Eisenia lucens, Eisenia spelaea, Fitzingera platyura depressa, Lumbricus polyphemus, Proctodrilus antipai*), imaju važnu ulogu u razgradnji šumske prostirke i njihova rasprostranjenost je najčešće u korelaciji s onom listopadnih šuma (Slika 22).

Ilirski tip rasprostranjenja karakterističan je za sjeverozapadni dio Balkana. Budući da se kontinentalni dio Hrvatske izdvaja u posebnu ilirsku provinciju, vrste gujavica koje imaju ilirski tip rasprostranjenja (*Dendrobaena ganglbaueri* i *Dendrobaena illyrica*) zastupljene su na području kontinentalne regije Hrvatske (Slika 22).

Atlantsko-mediteranski i holomediteranski tip rasprostranjenja gujavica većinom je zastupljen na području alpske i mediteranske regije Hrvatske (Slika 21).

Rasprostranjenost vrsta gujavica koje imaju alpsko-dinarski, alpsko-dinarsko-karpatski, dinarsko-karpatski, južno-alpski te balkansko-alpski tip rasprostranjenja, obuhvaća planinski sustav Dinarskog gorja te planine na području kontinentalne regije Hrvatske (Slika 21).

6. ZAKLJUČCI

Broj od 68 vrsta pokazuje da je Hrvatska područje izuzetnog bogatstva vrsta gujavica. Ovakav zaključak argumentiran je postojanjem 19 (28%) endemskih vrsta. Međutim, znanje o rasprostranjenosti i brojnosti gujavica u Hrvatskoj daleko je od potpune slike, a istraživanje gujavica još uvijek je nedovoljno.

Ovaj rad je koristan za daljnje praćenje raznolikosti gujavica, a što je povezano sa zaštitom okoliša te praćenjem promjena u okolišu uzrokovanih zagađenjem, klimatskim promjenama ili antropogenom djelatnosti.

Ključni zaključci istraživanja su slijedeći:

- U Hrvatskoj su gujavice zastupljene sa 68 vrsta te 17 rodova.
- Analizirajući ukupnu rasprostranjenost vrsta, najčešće i široko rasprostranjene vrste na području Hrvatske su *Aporrectodea rosea*, *Octolasion lacteum*, *Lumbricus rubellus*, *Dendrodrilus rubidus rubidus* i *Eiseniella tetraedra*.
- Većina vrsta pripada rodovima *Octodrilus* (15), *Aporrectodea* (11) i *Dendrobaena* (10).
- Najveći broj vrsta gujavica zabilježen je u kontinentalnoj regiji (46), a zatim slijede mediteranska (40) i alpska regija (34).
- Prema vrijednostima Shannonovog i Simpsonovog indeksa, sve tri biogeografske regije Hrvatske odlikuju se velikom bioraznolikosti vrsta gujavica.
- Zoogeografskom analizom utvrđeno je 13 tipova rasprostranjenja gujavica.
- Endemske vrste gujavica zastupljene su s 28% od ukupnog broja vrsta i pronađene su na planinskim područjima u alpskoj i kontinentalnoj regiji te na otocima i prostorima uz obalu Jadranskog mora.

7. LITERATURA

Abbott I. 1982. The Distribution of Earthworms in the Perth Metropolitan Area. *Rec West Aust Mus* 10: 11-34.

Blakemore RJ. 2003. Japanese earthworms (Annelida:Oligochaeta): a review and checklist of species. *Org Divers Evol* 3: 241-244.

Blakemore RJ. 2006. *Cosmopolitan earthworms – an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world* (2nd Ed.). VermEcology, Japan, 600 pp.

Brown GG, James WS, Pasini A, Nunes HD, Benito PN, Martins TM, Sautter DK. 2006. Exotic, Peregrine and Invasive Earthworms in Brazil: Diversity, Distribution, and Effects on Soils and Plants. *Caribb J Sci* 3: 339-358.

Campana C, Gauvin S, Ponge JF. 2002. Influence of ground cover on earthworm communities in an unmanaged beech forest: linear gradient studies. *Eu J Soil Biol* 38: 213-224.

Csuzdi C, Zicsi A. 2003. Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta: Lumbricidae). *Pedozoologica Hungarica 1*. Hungarian Natural History Museum, Budapest, 1–271 pp.

Csuzdi C, Pavliček T. 2002. *Murchieona minuscula* (Rosa, 1906), a newly recorded earthworm from Israel, and distribution of the genera Dendrobaena and Bimastos in Israel (Oligochaeta, Lumbricidae). *Zool Middle East* 25: 105-114.

Csuzdi C, Pop VV, Pop AA. 2010. The earthworm fauna of the Carpathian Basin with new records and description of three new species (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zool Anz* 250: 2–18.

Csuzdi C, Pavliček T, Misirlioğlu M. 2007. Earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae, Criodrilidae and Acanthodrilidae) of Hatay province, Turkey, with description of three new lumbricids. *Acta Zool Hung* 53: 347–361.

Csuzdi C, Pavliček T. 2009. New records of earthworms from Guadeloupe with description of a new species (Oligochaeta: Glossoscolecidae, Acanthodrilidae, Megascolecidae and Eudrilidae). *Opusc Zool Budapest* 40: 9–15.

Edwards CA. 2004. *Earthworm ecology* (2nd Ed.). CRC Press, Boca Raton, 441 pp.

European Environment Agency. 2002. Europe's biodiversity – biogeographical regions and seas. EEA Report No1/2002.

Hackenberger KD, Hackenberger KB. 2013. Checklist of the earthworm fauna of Croatia (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zootaxa* 3710: 001–030.

Hashemi AS. 2011. Biodiversity Indices of Natural Forest Stands in Relation to Stand Volume in Management Area. *Middle East J* 10: 64-69.

Heip CHR, Herman PMJ, Soetaert K. 1998. Indices of diversity and evenness. *Oceanis S D* 24: 61-87.

Hijmans RJ, Guarino L, Cruz M, Rojas E. 2011. Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1. DIVA-GIS. *Acta Hortic* 127: 15 – 19.

Hijmans RJ, Guarino L, Bussink C, Mathur P, Cruz M, Barrentes I, Rojas E. 2004. DIVA GIS. Vsn. 5.0. A geographic information system for the analysis of species distribution data. Upute su dostupne na stranici http://www.diva-gis.org.

Jelaska SD. 1997. Primjena geografskih informacijskih sustava u botanici. Zbornik sažetaka priopćenja, Šesti kongres biologa Hrvatske.

Jelić A. 1985. Faunističko istraživanje gujavica (Oligochaeta: Lumbricidae) u posebnom zoološkom rezervatu „Kopački rit“ u Baranji. *Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji*, Osijek, 15: 52-61.

Kasprzak K. 1989. Zoogeography and habitat distribution of earthworms (Lumbricidae) and enchytraeids (Enchytraeidae) of the Carpathian Mountains (Poland). *Misc Zool* 13: 37-44.

Misirlioglu M. 2007. A Preliminary Study of earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) from the City of Izmir, Turkey. *Turk J Zool* 32: 473-475.

Mršić N. 1991. *Monograph on Earthworms (Lumbricidae) of the Balkans*. Slovenian Academy of Sciences and Arts, Ljubljana, 755 pp.

Mujaju C, Fatih M. 2011. Distribution patterns of cultivated watermelon forms in Zimbabwe using DIVA-GIS. *Int J Biodiv* 3: 474-481.

Nagendra H. 2002. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Appl Geogr* 22: 175–186.

Nikolić T, Radišić D, Milić D, Marković V, Trifunović S, Jovičić S, Šimić S, Vujić A. 2013. Models of the potential distribution and habitat preferences of the genus Pipiza (Syrphidae: Diptera) on the Balkan peninsula. *Arch Biol Sci* 65: 1037-1052.

Novo M, Almodovar A, Fernandez R, Giribet G, Diaz Cosin DJ. 2011. Understanding the biogeography of a group of earthworms in the Mediterranean basin—The phylogenetic puzzle of Hormogastridae (Clitellata: Oligochaeta). *Mol Phylogenet Evol* 61: 125–135.

Omodeo P, Rota E. 2008. Earthworm Diversity and Land Evolution in Three Mediterranean Districts. Proc *Calif Acad Sci* 59: 65–83.

Onaindia M, Dominguez I, Albizu I, Garbisu C, Amezaga I. 2004. Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance. *Forest Ecol Manag* 195: 341-354.

Pavlíček T, Csuzdi C. 2006. Species richness and zoogeographic affinities of earthworms in Cyprus. *Eu J Soil Biol* 42: 111–S116.

Pavlíček T, Csuzdi C, Nevoa E. 2006. Biodiversity of earthworms in the Levant. *Isr J Ecol Evol* 52: 461–466.

Pavlíček T, Csuzdi C, Misirlioglu M, Vilenkin B. 2010. Faunistic similarity and endemism of earthworms in east mediterranean region. *Biodivers Conserv* 19: 1989–2001.

Pop VV, Pop AA, Csuzdi C. 2007. An updated viewpoint on the earthworm communities with the *Dendrobaena alpina* species group (Oligochaeta, Lumbricidae) from the South-Eastern Carpathians. *Eu J Soil Biol* 43: 53-56.

Previšić A, Ivković M, Miliša M, Kerovec M. 2013. Caddisfly (Insecta: Trichoptera) fauna of Papuk Nature Park, Croatia. *Nat Croat* 22: 1-13.

Radović J, Čivić K, Topić R, Vukelić PV. 2009. Biološka raznolikost Hrvatske. Državni zavod za zaštitu prirode, Ministarstvo kulture Republike Hrvatske.

Rota E, Erseus C. 1997. First record of *Dendrobaena attemsi* (Michaelsen) (Oligochaeta, Lumbricidae) in Scandinavia, with a critical review of its morfological variation, taxonomic relationship and geographical range. *Ann Zool Fenicci* 34: 89-104.

Sarwar M, Nadeem A, Iqbal KM, Shafiq T. 2006. Biodiversity of earthworm species relative to different flora. *Punjab Univ J Zool* 21: 1-7.

Sathianarayanan A, Khan BA. 2006. Diversity, distribution and abundance of earthworms in Pondicherry region. *Trop Ecol* 47: 139-144.

Schmelz RM. 2012. Global diversity of earthworms and other Oligochaeta (Annelida): collected papers. *Zootaxa* 3458: 1-3.

Stojanović M, Milutinović T, Karaman S. 2007. Earthworm (Lumbricidae) diversity in the Central Balkans: An evaluation of their conservation status. *Eu J Soil Biol* 44: 57-64.

Stojanović M, Tsekova R, Milutinović T. 2012. Earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) of Bulgaria: Diversity and Biogeographical Review. *Acta Zool Bulg* 4: 7-15.

Stojanović M, Karaman S. 2005. Further contribution to knowledge of the earthworms of Šumadija (Serbia). *Arch Biol Sci* 57: 127-132.

Stojanović M, Tsekova R, Pešić S, Milanović J, Milutinović T. 2013. Diversity and a biogeographical review of the earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) of the Balkan Mts. (Stara Planina Mts.) in Serbia and Bulgaria. *Turk J Zool* 37: 635-642.

Stojanović M, Karaman S. 2005. Distribution of two species of the earthworm fauna of Šumadija (Srbija) in the Balkans and neighbouring territories. *Arch Biol Sci* 57: 133-136.

Spandana B, Sivaraj N, Rao PJG, Anuradha G, Sivaramakrishnan S, Jabeen F. 2012. Diversity analysis of sesame germplasm using DIVA-GIS. *Indian J Agr Sci* 21: 145–150.

Szederjesi T, Csuzdi C. 2012. New and little known earthworm species from Greece (Oligochaeta: Lumbricidae, Acanthodrilidae). *Zootaxa* 3304: 25–42.

Szederjesi T, Csuzdi C. 2012. New earthworm species and records from Albania (Oligochaeta, Lumbricidae). *Acta Zool Hung* 58: 259–274.

Szederjesi T. 2011. The earthworm fauna of the Karancs-Medves Landscape Protection Area (Oligochaeta, Lumbricidae). *Opusc Zool Budapest* 42: 67–73.

Szederjesi T. 2012. New earthworm records from Bulgaria (Oligochaeta, Lumbricidae). *Opusc Zool Budapest* 43: 00–00.

Szederjesi T. 2013. New earthworm records from the former Yugoslav countries (Oligochaeta, Lumbricidae). *Opusc Zool Budapest* 44: 61-76.

Somniyam P, Suwanwaree P. 2009. The Diversity and Distribution of Terrestrial Earthworms in Sakaerat Environmental Research Station and Adjacent Areas, Nakhon Ratchasima, Thailand. *World Appl Sci J* 6: 221-226..

Šoštarić R. 2005. The development of postglacial vegetation in coastal Croatia. *Acta Bot Croat* 64: 383–390.

Tondoh JE. 2006. Seasonal changes in earthworm diversity and community structure in Central Côte d'Ivoire. *Eu J Soil Biology* 42: 334-340.

Tondoh JE, Guei AM, Csuzdi C, Okoth P. 2010. Effect of land-use on the earthworm assemblages in semi-deciduous forests of Central-West Ivory Coast. *Biodivers Conserv* 20: 169-184.

Tripathi D, Bhardwaj P. 2004. Earthworm diversity and habitat preferences in arid regions of Rajasthan. *Zoos' print J* 19: 1515-1519.

Wilsey B, Stirling G. 2007. Species richness and evenness respond in a different manner to propagule density in developing prairie microcosm communities. *Plant Ecol* 190: 259–273.

Witt CC, Witt MS. 2007. Why are diversity and endemism linked on islands? *Ecography* 30: 331-333.

8. PRILOG

Web 1: http://www.sciencelearn.org.nz/Science-Stories/Earthworms/Niches-within-earthworms-habitat, pristupljeno: 24.6.2013.

Web 2: http://humanities7.wordpress.com/2011/09/23/ice-age-world-maps/, pristupljeno: 10.7.2013.

Web 3: http://www.learnaboutbutterflies.com/Species%20index.htm, pristupljeno: 11.7.2013.

Web 4: Csuzdi C, Pop VV, Pop AA. 2010. The earthworm fauna of the Carpathian Basin with new records and description of three new species (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zool Anz* 250: 2–18.

Web 5: European Environment Agency. 2002. Europe's biodiversity – biogeographical regions and seas. EEA Report No1/2002.

Web 6: http://www.botanic.hr/public/gisbio/hrutm100.jpg, pristupljeno: 25.7.2013.