

Lumbrikofauna Gospića i okolice

Krpan, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:181:113954>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-05**



**ODJEL ZA
BIOLOGIJU**
Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

[Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za biologiju

Preddiplomski sveučilišni studij Biologija

Josip Krpan

Lumbrikofauna Gospića i okolice

Završni rad

Osijek, 2019.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za biologiju

Preddiplomski sveučilišni studij Biologija

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

LUMBRIKOFUNA GOSPIĆA I OKOLICE

Josip Krpan

Rad je izrađen na: Zavodu za kvantitativnu ekologiju

Mentor: izv.prof.dr.sc. Davorka K. Hackenberger

Kratak sažetak: Gujavice (Lumbricidae) su jedan od glavnih čimbenika u ukupnoj biomasi tla koji značajno utječe na strukturu tla i njegova kemijska i fizikalna svojstva. Zbog njihove važnosti za čitavi ekosustav, potrebno je što bolje istražiti ne samo životne cikluse vrsta već i njihovu rasprostranjenost u prostoru. Cilj ovog rada bio je istražiti sastav lumbrikofaune grada Gospića i okolice te napraviti osvrt na postojeće literaturne podatke o uzorkovanju na navedenom prostoru.

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: gujavice, lumbrikofauna, Lumbricidae, Gospić, rasprostranjenost

Rad je pohranjen: na mrežnim stranicama Odjela za biologiju te u Nacionalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Department of biology

Undergraduate university study programme in Biology

Scientific Area: Natural sciences

Scientific Field: Biology

EARTHWORM FAUNA OF GOSPIĆ AND SURROUNDING AREAS

Josip Krpan

Thesis performed at: Subdepartment for Quantitative Ecology

Supervisor: Davorka K. Hackenberger, Associate Professor

Short abstract: Earthworms (Lumbricidae) are one of the main factors in the overall soil biomass that significantly affect soil structure and its chemical and physical properties. Due to their importance for the entire ecosystem, it is necessary to investigate not only species life cycles but also their distribution. The aim of this thesis was to investigate the composition of earthworm fauna of the town of Gospić and its surrounding areas, as well as to review the existing literature on sampling in this area.

Original in: Croatian

Keywords: earthworms, fauna, Lumbricidae, Gospić, distribution

Thesis deposited: on the Department of biology website and the Croatian Digital Thesis Repository of the National and University Library in Zagreb

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Taksonomija gujavica	1
1.2. Ekologija gujavica	1
1.3. Fauna gujavica Republike Hrvatske.....	3
1.4. Cilj rada.....	7
2. MATERIJALI I METODE	8
2.1. Područje istraživanja	8
2.2. Uzorkovanje gujavica	9
2.3. Determinacija vrsta.....	10
2.4. Statistička obrada podataka.....	11
3. REZULTATI.....	14
3.1. Literaturni nalazi gujavica na području Gospića i okolice.....	14
3.2. Analiza uzoraka	16
3.2.1. Vrste	17
3.2.2. Indeksi raznolikosti	19
4. RASPRAVA.....	20
5. ZAKLJUČAK.....	22
6. LITERATURA	23

1. UVOD

1.1. Taksonomija gujavica

Gujavice su jedna od najstarijih skupina kopnenih životinja čiji su preci nastali još u kasnom Prekambriju prije 650- 570 milijuna godina. Gujavice (porodica Lumbricidae) su životinjski organizmi koji pripadaju koljenu Annelida (kolutićavci), razredu Oligochaeta (malokolutićavci), redu Haplotaxida (Habdija, 2011). S obzirom na najnovija istraživanja, predloženo je 16 porodica unutar razreda Haplotaxida od kojih 6 obuča akvatičke i poluakvatičke vrste dok ostalih 10 porodica obuhvaća kopnene organizme poznatije kao gujavice (Halavuk, 2013). Porodica Lumbricidae najpoznatija je monofiletska skupina gujavica koja je rasprostranjena na području Holoarktika te predstavlja dominantnu endemsku porodicu u Palearktičkoj zoni, uključujući Europu. Unutar porodice Lumbricidae opisano je oko 670 vrsta unutar 63 roda (Blakemore, 2009). Broj opisanih vrsta neprestano se mijenja. Uzrok tomu je činjenica da su brojne opisane vrste sinonimi, a novija istraživanja uz upotrebu molekularnih tehnika doprinose razjašnjavanju ovog problema (Hackenberger, 2012). Taksonomski i evolucijski odnosi pojedinih rodova unutar porodice Lumbricidae još su uvijek predmet rasprave (Hodak, 2018).

1.2. Ekologija gujavica

Iako ne dominiraju svojom brojnošću, gujavice su zbog svoje veličine jedan od glavnih čimbenika u ukupnoj biomasi tla (Edwards, 2004). Značajno utječu na strukturu tla i njegova kemijska i fizikalna svojstva, a probavljanjem organskog i mineralnog materijala stvaraju strukture koje povećavaju poroznost i aeraciju tla (Hackenberger i sur., 2015). Njihova brojnost u tlu varira, od manje od deset gujavica po m² pa sve do nekoliko stotina gujavica po m², no rijetko više od 400 gujavica po m² (Halavuk, 2013). Gujavice su široko rasprostranjene diljem svijeta, no ipak rijetko nastanjuju područja u kojima vladaju ekstremni uvjeti. Stoga ne naseljavaju pustinjska područja, kao ni područja prekrivena ledom. Najvažniji čimbenici koji utječu na rasprostranjenost gujavica su vlažnost tla te kvaliteta i količina organske tvari (Hodak, 2018). Gujavice, kao i većina životinjskih organizama imaju nepravilan, grupni prostorni raspored te slojevitu okomitu raspodjelu. Čimbenici koji utječu na prostornu raspodjelu gujavica mogu se podijeliti u četiri skupine (Hackenberger, 2012):

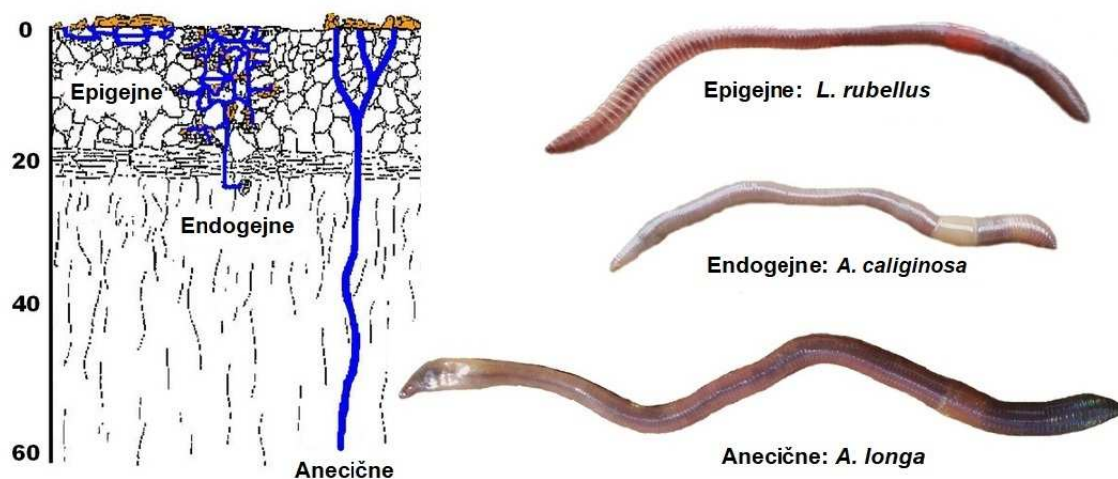
1. Fizikalno-kemijski (temperatura tla, vlažnost tla, pH, anorganske soli, aeracija i tekstura)
2. Raspoloživost hrane (stajnjak, biljni ostaci, organska tvar u različitom stupnju raspada)
3. Reproductivni potencijal i mogućnost širenja neke vrste
4. „Povijesni“ čimbenici (korištenje zemljišta, kolonizacija novih staništa).

Prema okomitom rasporedu, odnosno prema tome koju ekološku nišu zauzimaju, gujavice možemo podijeliti u tri ekološke kategorije: epigejne, hipogejne i anecične (Slika 1).

Epigejne gujavice (grč. *epigeios* – na zemlji) žive iznad mineralnog sloja tla, ispod biljnih ostataka ili organske tvari. Najčešće su male veličine, te su vrlo pokretne. Životni ciklusi su im kratki. Sušne i nepovoljne uvjete preživljavaju u stadiju kokona. Najčešći predstavnici su vrste *Lumbricus rubellus* (Hoffmeister, 1843) i *Eisenia fetida* (Savigny, 1826).

Endogejne gujavice (grč. *endogeios* – u zemlji) su vrste koje kopaju vodoravne hodnike u tlu, na dubini od 10 do 15 cm od površine. Najčešće su nepigmentirane, sporo se kreću te mogu biti različitih veličina. Za vrijeme sušnog razdoblja ulaze u dijapauzu, stadij potpunog mirovanja. Geofagne su vrste što znači da se hrane tлом obogaćenim mineralnim tvarima. Za vrstu *Aporrectodea rosea* utvrđeno je kako aktivno razlikuje mineralne i organske čestice tla (Hackenberger, 2012). Najpoznatiji predstavnici su *Allolobophora chlorotica* (Savigny, 1826), *Aporrectodea rosea* (Rosa, 1884) i *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826).

Anecične gujavice (grč. *anekas* – koji dopire do gore) su vrste koje žive u okomitim hodnicima mineralnog sloja tla, do 3 m dubine. Na površini tla se hrane lišćem koje povlače i u svoje hodnike (Hodak, 2018). Na dorzalnoj strani su tamno pigmentirane, velike, ali relativno spore. Imaju duge životne cikluse, a nepovoljne uvjete preživljavaju u stadiju mirovanja. Najvažniji predstavnici su *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758) i *Aporrectodea longa* (Ude, 1885).



Slika 1. Podjela gujavica prema načinu života (preuzeto i prilagođeno s izvora Web 1)

Prostorna raspodjela populacija gujavica rezultat je okolišnih abiotičkih čimbenika (raspoloživost hrane, vrste tla, režima temperature i vlažnosti tla), te biotičkih interakcija (sinergizam, kompeticija i predatorstvo). Osim samih klimatskih uvjeta na prostornu raspodjelu gujavica mogu utjecati čimbenici kao što su veličina biljaka, te građa njihovog korijenja (Hackenberger, 2012).

Gujavice su najaktivnije tijekom proljeća i jeseni. U slučaju nepovoljnih uvjeta mogu smanjiti svoju aktivnost, posebice ljeti, dok zimu preživljavaju u stanju hibernacije. Broj vrsta u nekoj zajednici ovisi o prostorno-vremenskim odnosima, ekološkim strategijama, dijeljenju niša i resursa vrsta unutar te zajednice. Za većinu zajednica to znači da sadrže od 3 do 6 vrsta (Hackenberger, 2012). Od sjevera prema ekvatoru, ekološke kategorije gujavica se sukcesivno mijenjaju od epigejnih, preko anecičnih do endogejnih gujavica (Hackenberger, 2012). Zbog svog permanentnog boravka u tlu, ali i zbog male pokretljivosti, gujavice se često koriste za provođenje različitih testova toksičnosti te kao bioindikatori (Hackenberger, 2015).

1.3. Fauna gujavica Republike Hrvatske

Prema Michaelsenu i Černosvitovu prvobitna fauna porodice Lumbricidae prostirala se na područjima prekrivenima ledom, a uništena je u kvartarnom ledenom dobu. Ovu tezu potvrđuje i položaj areala endemskih vrsta. Michaelsen uočava kako su endemske vrste rasprostranjene ispod južne granice ledenog pokrivača posljednjeg ledenog doba dok su sjeverno od te granice smještene samo peregrine vrste (vrste koje su široko rasprostranjene).

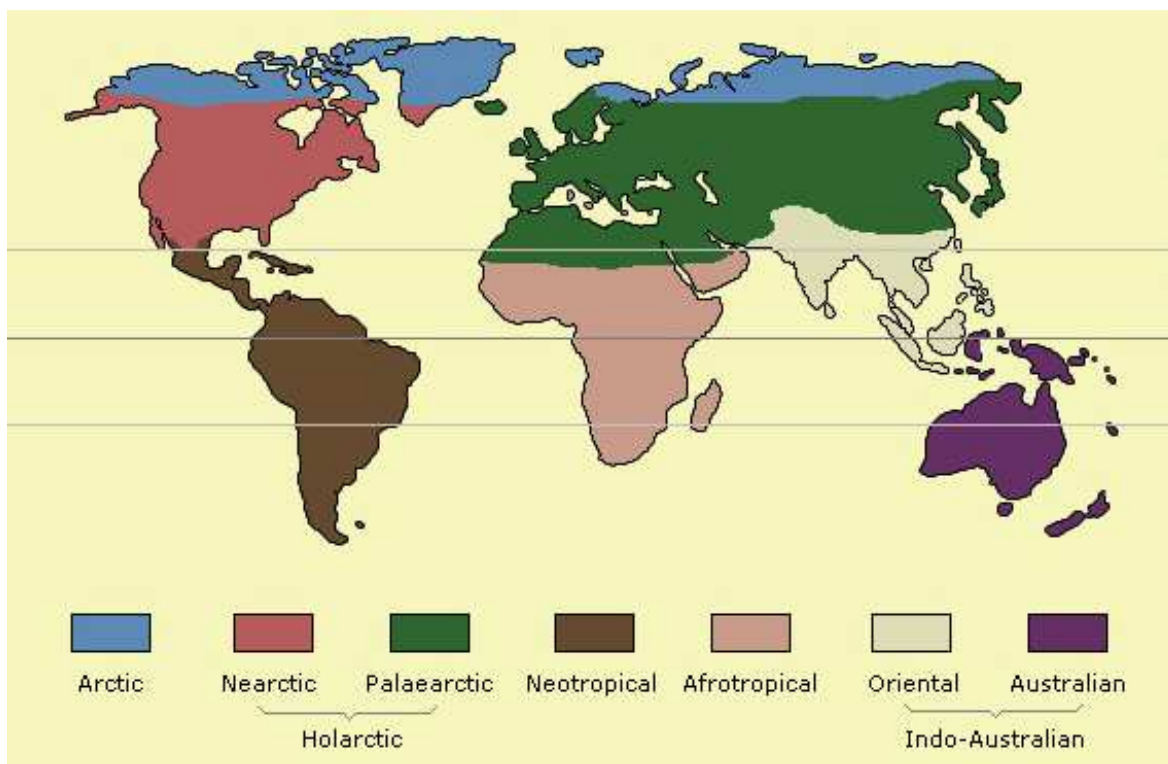
To ukazuje na činjenicu da je nativna populacija nestala tijekom zadnjeg ledenog doba te da su jedini načini ponovnog uspostavljanja populacije ili uključivali intervenciju čovjeka ili su vrste preživjele na područjima koja nisu bila prekrivena ledom (Hackenberger, 2012). U peregrine vrste trenutno ubrajamo oko 34 vrste, a smatraju se dominantnima u poljoprivrednim tlima (Blakemore, 2006).

Područje rasprostranjenosti endemskih vrsta gujavica nalazi se južno od granice kvartarnog leda prikazanog na Slici 2. Postoje četiri domene koje dijele područje rasprostranjenosti endemskih vrsta gujavica (Slika 2): frankoiberijska domena, egejska domena, turansko-dalekoistočna domena i sjevernoamerička domena. Područje Republike Hrvatske pripada egejskoj domeni, sjeverno-egejskoj poddomeni, prikazano na Slici 2 kao područje IIa. Ovo područje karakteriziraju endemske vrste rodova *Dendrobaena*, *Octodriloides* i *Octodrilus*.



Slika 2: Područja domena koje opisuju rasprostranjenost endemskih vrsta gujavica. Crna linija prikazuje granicu kvartarnog leda (Csuzdi, 2011)

Prema trenutnim zoogeografskim podjelama, područje Hrvatske pripada Palearktiku odnosno starosjevernom životinjskom podcarstvu te obuhvaća dva životinjska područja: mediteransko i europsko - turkestarsko (Slika 3).



Slika 3. Zoogeografska podjela svijeta (Web 2)

Republika Hrvatska prostorno pripada jednom od najistraživanijih područja Europe što se tiče gujavica – Balkanskom poluotoku (Mršić, 1991). Istraživanja lumbrikofaune područja Republike Hrvatske započela su u ranom 20. stoljeću što je omogućilo opsežno grupiranje rezultata i literature 1991. godine, kada je Mršić objavio knjigu pod nazivom *Monograph on Earthworms (Lumbricidae) of the Balkans (Monografija gujavica (Lumbricidae) Balkana)*. Monografija obuhvaća svu dotadašnju literaturu o gujavicama na ovom području, kao i rezultate Mršićevih istraživanja. Ovaj literaturni zapis prikazuje 166 vrsta i podvrsta gujavica na području bivše Jugoslavije (Hackenberger i Hackenberger, 2013). Dotadašnja istraživanja lumbrikofaune gujavica pokazala su da je područje Republike Hrvatske jedno od područja iznimne bioraznolikosti u Europi. Zabilježena bioraznolikost može se pripisati različitosti klimatskih uvjeta u Republici Hrvatskoj. Prema posljednjem izvješću Europske agencije za okoliš (EEA) iz 2016. godine, teritorij Republike Hrvatske umjesto dosadašnje tri biogeografske regije, obuhvaća četiri biogeografske regije – kontinentalnu regiju, alpsku regiju, mediteransku regiju te panonsku regiju (Slika 4). Prema posljednjim podacima (Web 3) od ukupne površine pojedinačnih regija, Republika Hrvatska zauzima:

- 6% u panonskoj regiji
- <5% u alpskoj regiji

- 1% u mediteranskoj regiji te
- <1% u kontinentalnoj regiji



Slika 4. Biogeografske regije u Hrvatskoj (EEA, 2016).

(Preuzeto i prilagođeno prema: Web 4)

Panonska regija obuhvaća sjeveroistočno područje Hrvatske. Regiju karakteriziraju umjereno topla ljeta i hladne zime sa relativno malom godišnjom količinom padalina. Kontinentalna regija obuhvaća centralno i sjeverno područje RH, a karakterizirana je kontinentalnom klimom sa toplim ljetima i hladnim zimama. Mediteranska regija uključuje obalu RH te otoke, a karakterizirana je vrućim ljetima i umjerenim zimama. Smještena

između kontinentalne i mediteranske regije nalazi se alpska regija. Ovu regiju karakteriziraju kratka, topla ljeta i duge, hladne zime. Prema trenutnim podacima fauna Hrvatske broji 68 vrsta gujavica koje su podijeljene u 17 rodova. 19 vrsta pripada endemima, od čega je 10 vrsta endem Hrvatske dok preostalih devet vrsta spada u endeme Hrvatske i susjednih zemalja (Italija, Slovenija, Mađarska i Crna Gora). Korološki se ove vrste mogu rasporediti u 13 različitih tipova distribucije (Hackenberger i Hackenberger, 2013). Tipovi rasprostranjenosti su: peregrini, atlantsko-mediteranski, holomediteranski, ilirski, južno-alpski, balkansko-alpski, srednjoeuropski, srednjoeuropski (planinski), trans-egejski, dinarskokarpatiski, alpsko-dinarsko-karpatiski, alpsko-dinarski te endemski (šire i uže područje) (Halavuk, 2013). Utvrđeno je kako više od polovice vrsta ima ili peregrinu (19 vrsta, 28%) ili endemsku (19 vrsta, 28%) rasprostranjenost. (Hackenberger i Hackenberger, 2013).

S obzirom da teritorij Republike Hrvatske kao ni šire područje Balkanskog poluotoka nisu bili zahvaćeni oledbom za vrijeme kvartarnog ledenog doba, fauna gujavica je ostala očuvana te je zadržala visoku bioraznolikost (Hodak, 2018). Prethodno spomenuta raznolikost klimatskih i edafskih faktora te velikih orogenetskih promjena u prošlosti uzrok su velikog bogatstva lumbrikofaune (faune gujavica) Hrvatske i Balkana (Mršić, 1991). Današnja rasprostranjenost vrsta rezultat je djelovanja tri čimbenika: mjesta nastanka, migratornog kapaciteta i sposobnosti preživljavanja pojedine vrste (Mršić, 1991).

Unutar porodice Lumbricidae, najčešće vrste na području Hrvatske su: *Aporrectodea rosea*, *Octolasion lacteum*, *Lumbricus rubellus*, *Dendrodrilus rubidus rubidus* i *Eiseniella tetraedra* (Hodak, 2018).

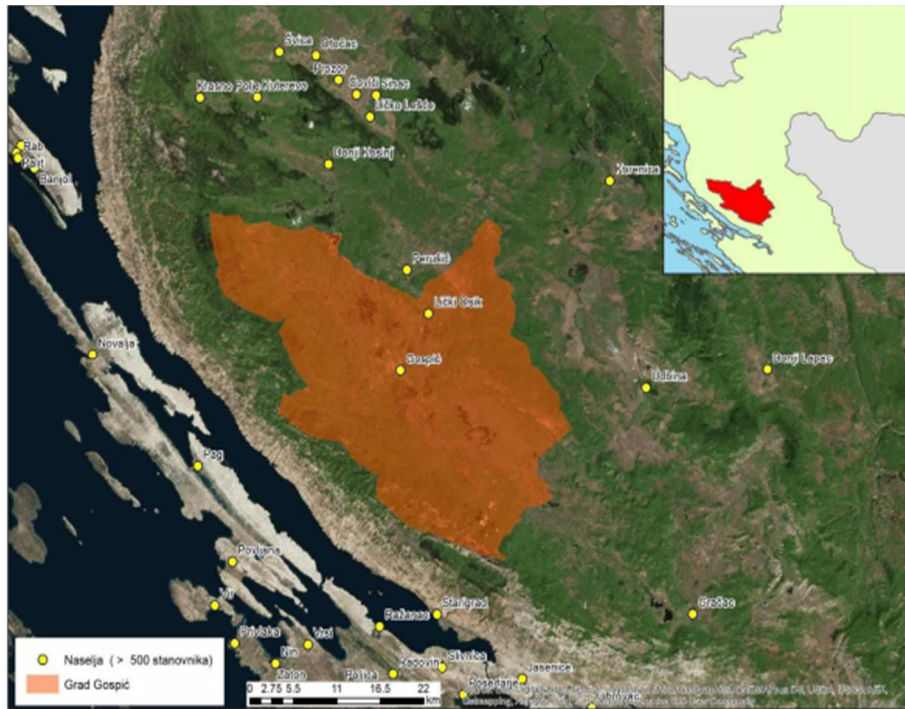
1.4. Cilj rada

Cilj ovog rada je napraviti pregled dosadašnjih istraživanja lumbrikofaune područja Gospića i njegove okolice te istražiti sastav i bioraznolikost lumbrikofaune na području grada Gospića i okolice. Budući da se radi o geografskom području koje dosad nije sustavno istraživano, dobiveni rezultati mogu pomoći u dobivanju uvida u sastav lumbrikofaune te raširenost pojedinih vrsta na navedenom prostoru.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Grad Gospić je smješten usred Ličkog polja, na nadmorskoj visini od 564 m. Nalazi se na obalama triju rijeka: Like, Novčice i Bogdanice, na geografskim koordinatama 44° N i 15° E (Slika 5).



Slika 5. Geografski smještaj grada Gospića (Čukman, 2018)

Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda, srednje mjesečne temperature za razdoblje između 1971. i 2000. godine kretale su se između $-0,8^{\circ}\text{C}$ i $18,5^{\circ}\text{C}$. Temperaturni maksimum iznosio je $37,0^{\circ}\text{C}$, dok je minimalna izmjerena temperatura za isto razdoblje iznosila $-27,3^{\circ}\text{C}$. Prosječna godišnja količina oborina za navedeno razdoblje iznosi $1365,9$ mm oborina / m^2 pri čemu najveća količina padalina padne u periodu između rujna i siječnja (Zaninović, 2008). Na ovom području prevladavaju kiselja tla koja su zbog utjecaja klime i reljefa nepovoljna za opsežniju poljoprivrednu proizvodnju (Čukman, 2018). Ovo područje pripada alpskoj biogeografskoj regiji.

2.2. Uzorkovanje gujavica

Kvantitativno uzorkovanje je obavljeno metodom ručnog prebiranja. To je pasivna, fizička metoda kojom se gujavice uzorkuju rukama izravno iz tla. Za uzorkovanje je potrebno iskopati blok tla dimenzija 25x25x20 cm. U tu svrhu poslužio je jednostavni drveni okvir dimenzija 25x25 cm (Slika 6).



Slika 6. Drveni okvir dimenzija 25x25 cm

Tlo se nakon iskapanja treba prebaciti na plastičnu foliju te pažljivo pregledati (Slika 7). Izdvojene gujavice potrebno je isprati od nečistoća i ostataka tla. Sve izdvojene gujavice iz iskopanog bloka tla potrebno je zatim staviti u prethodno pripremljene plastične posude.



Slika 7. Iskapani blok tla prije izdvajanja gujavica

Nakon što su gujavice očišćene od nečistoća i ostataka tla, potrebno ih je prebaciti u posudu sa 30%-tnim etanolom kako bi se umirile te ih tako ostaviti oko 5 minuta (Slika 8). Izdvojene gujavice nakon toga je potrebno izravnati u novoj posudi te u nju uliti 80%-tni etanol. Nakon 5-10 minuta gujavice je potrebno prebaciti u posude za uzorke u kojima se nalazi 80%-tni etanol.



Slika 8. Uzorkovane gujavice u 30% etanolu

Na mjestima uzorkovanja zabilježene su GPS koordinate pomoću mobilne aplikacije GPS Coordinates te su kasnije bilježene u računalni program Google Earth Pro.

2.3. Determinacija vrsta

Prikupljeni uzorci prvo su pregledani uz pomoć binokularne lupe, zabilježeni su promatrani parametri, te su uzorci nadalje determinirani uz pomoć računalnog programa ErIK- ključa za određivanje vrsta gujavica Hrvatske (Hackenberger i sur., 2015). Program sadrži dva tipa ključeva za određivanje vrsta gujavica – tablični i dihotomski. Za potrebe ovog rada korišten je tablični ključ koji omogućuje izravno upisivanje morfoloških i anatomskih parametara. Program na temelju tih parametara predlaže moguće vrste. Moguće je upisati ukupno 18 parametara. Od mogućih parametara, pri determinaciji korišteni su sljedeći parametri: duljina i širina tijela, pigmentacija, izgled prostomija, položaj kliteluma, raspored četina, oblik i položaj pubertetskih izbočina, položaj muškog spolnog otvora i razvijenost

žljezdanog atrijsa te položaj prve leđne rupice. Primjer determinacije gujavica pomoću računalnog programa ErIK prikazan je na Slici 9.

The screenshot shows the 'ErIK' software interface for nematode identification. The window title is 'Tablični ključ'. It features a grid of input fields for various morphological and anatomical characteristics. Below the input fields is a table listing species with their corresponding percentages and IDs. A diagram of a nematode is shown at the bottom left. The right side of the interface displays a list of selected characteristics for the identified species.

%	Ime	ID
52.63	Aporrectodea caliginosa	6
36.84	Proctodrilus tuberculatus	72
36.84	Proctodrilus antipai	70
36.84	Murchieona minuscula	45
36.84	Allolobophora chlorotica chlorotica	3
35.0	Octolasion lacteum	67

Selected characteristics for the identified species:

- Klittelum: [25, 26, 27, 28, 2] - [34, 35]
- Razvijenost atrijsa: * | **
- Dužina: 59 - 164
- Oblik pub. izbočine: Razdvojene | Trakasta
- Prva leđna rupica: 5/6, 6/7, 7/8, 8/9, 9/10
- Širina: 2 - 4
- Položaj pub. izbočine: [30, 31] - [33, 34]
- Sj. vrećice: 4 9-12
- Broj kolutića: 100 - 180
- Oblik prostomija: Epiloban
- Sj. spremišta: 2 9/10, 10/11
- Tip četina: Usko sparene
- Prostomij: 1/3 | 1/2 | 2/3
- Tip otvora sj. spremišta: cd
- Pigmentacija: Bez pigmentacije | Ružičasta | Sivkasta
- Nef. mjehuri: Kukasti (J)
- Muški spolni otvor: [15]
- Tip uzdužnih mišića: Perasti

Slika 9. Primjer determinacije pomoću računalnog programa ErIK

2.4. Statistička obrada podataka

Prikupljeni podaci statistički su obrađeni pomoću računalnih programa Microsoft Excel te pomoću paketa *BiodiversityR* (Kindt, 2019) unutar programskog okruženja R.

U određivanju biološke raznolikosti Whittaker je definirao tri razine biološke raznolikosti: alfa, beta i gama raznolikost. Većina istraživanja raznolikosti fokusira se na određivanje alfa raznolikosti koja predstavlja bogatstvo vrsta unutar mjesta uzorkovanja (Zhang i sur., 2014). Alfa raznolikost se obično opisuje kroz bogatstvo vrsta i ravnomjernost njihove zastupljenosti. Indeksima raznolikosti izračunava se raznolikost vrsta u istraživanoj zajednici. Osim broja vrsta, indeksi raznolikosti pružaju informacije i o učestalosti neke vrste u zajednici (Hackenberger, 2012). Različiti indeksi mogu biti korisni pri usporedbi različitih lokaliteta no nije moguća njihova primjena za usporedbu različitih istraživanja.

U svrhu izračunavanja ujednačenosti, bogatstva i raznolikosti vrsta korišten je Shannonov indeks raznolikosti, koji osim broja prisutnih vrsta, pruža potpuniju informaciju o sastavu neke zajednice budući da u obzir uzima i relativnu brojnost različitih vrsta (Halavuk, 2013).

Shannonov indeks raznolikosti često je korišten indeks u svrhu određivanja raznolikosti između različitih staništa. Uzima u obzir broj vrsta kao i distribuciju jedinki između pojedinih vrsta. Shannonov indeks raznolikosti označava heterogenost faune različitih staništa (Halavuk, 2013.). Shannonov indeks raznolikosti računa se prema jednadžbi :

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

gdje je H Shannonov indeks raznolikosti, S označava broj vrsta, dok p_i predstavlja udio broja jedinki pojedine vrste. Maksimalna vrijednost indeksa postiže se kada sve vrste imaju jednaku zastupljenost unutar zajednice odnosno kada imaju jednak broj jedinki.

$$H(S)_{max} = \ln S$$

Vrijednost Shannonovog indeksa raznolikosti obično iznosi između 1,5 i 3,5 (Halavuk, 2013).

Simpsonov indeks (D) uz bogatstvo vrsta uzima u obzir i ujednačenost vrsta na određenom području. Simpsonov indeks je mjera vjerojatnosti da dvije nasumce odabrane jedinke određenog područja pripadaju istoj vrsti (Halavuk, 2013). Vrijednosti ovog indeksa iznose između 0 i 1, gdje 1 predstavlja maksimalnu raznolikost neke zajednice dok vrijednost 0 predstavlja izostanak raznolikosti. Ovaj se indeks računa prema jednadžbi:

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

Pri čemu je n_i broj jedinki neke vrste, dok je N= ukupan broj uzorkovanih jedinki.

Sørensenov indeks sličnosti prikazuje odnos između stvarnog broja zajedničkih vrsta i teoretskog, maksimalnog broja zajedničkih vrsta na nekom prostoru. Vrijednosti ovog indeksa su od 0 i 100 %, pri čemu vrijednost 0 označava kako nema zajedničkih vrsta u dva područja, dok vrijednost od 100 % označava prisutnost svih vrsta na oba promatrana područja. Ovaj indeks se izračunava prema slijedećoj jednadžbi:

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

gdje je c = broj zajedničkih vrsta, A = broj vrsta u prvom uzorku, B = broj vrsta u drugom uzorku.

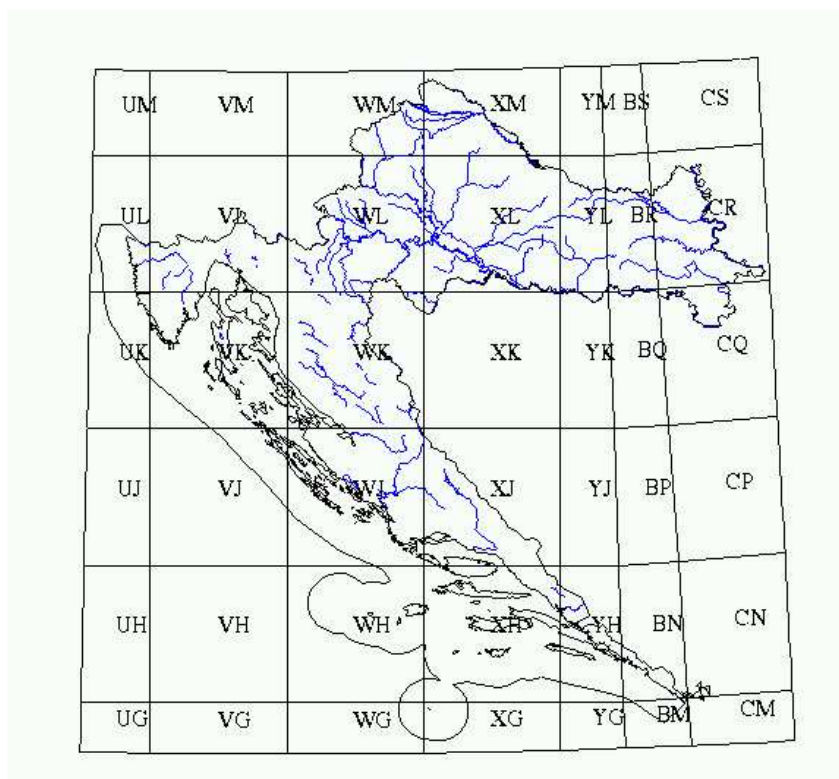
Brojnost nekog organizma podrazumijeva ukupnu veličinu populacije ili broj organizama na nekom području, odnosno gustoću te populacije. Abundanca je jedna od osnovnih mjera u ekologiji, a ovisi o broju organizama koji prežive i razmnožavaju se (Hackenberger, 2012). Brojnost organizama i njihova raspodjela organizama pod utjecajem su različitih čimbenika kao što su prostorni raspored hranjivih tvari, fizikalnih uvjeta, predatora i kompetitora (Hackenberger, 2012).

Krivulja brojnosti vrsta (engl. *Rank abundance curve*) služi za prikazivanje relativne abundance vrsta nekog prostora, kao komponente bioraznolikosti. Također može služiti za prikazivanje bogatstva vrsta i njihove ujednačenosti na nekom prostoru. Na krivulju se nanose podaci o brojnosti pojedinih vrsta, i to od onih sa najvećim vrijednostima pa sve do vrsta sa najmanjom zastupljenošću unutar uzoraka. Ovaj tip krivulja je posebno učinkovita metoda u ilustraciji sukcesijskih promjena ili okolišnog utjecaja na sastav vrsta nekog područja (Magurran, 2004).

3. REZULTATI

3.1. Literaturni nalazi gujavica na području Gospića i okolice

Uvod u literaturni pregled prikazuje različita područja Republike Hrvatske na UTM karti (Universal Transverse Mercator). Gospić se sa svojom okolicom na UTM karti smješta u polje WK, koje zauzima prostor od 100 x 100 km (Slika 10). S obzirom na to, prilikom pregleda literature s dosadašnjim istraživanjima, uzeta su u obzir sva nalazišta koja se nalaze unutar navedenog polja.



Slika 10. UTM karta Hrvatske (Web 5)

Prema dostupnim podacima, na spomenutom području Like, Gospića i njegove šire okolice utvrđena je prisutnost 25 vrsta gujavica (Mršić, 1991). Popis vrsta kao i popis nalazišta unutar WK kvadranta nalaze se u Tablici 1.

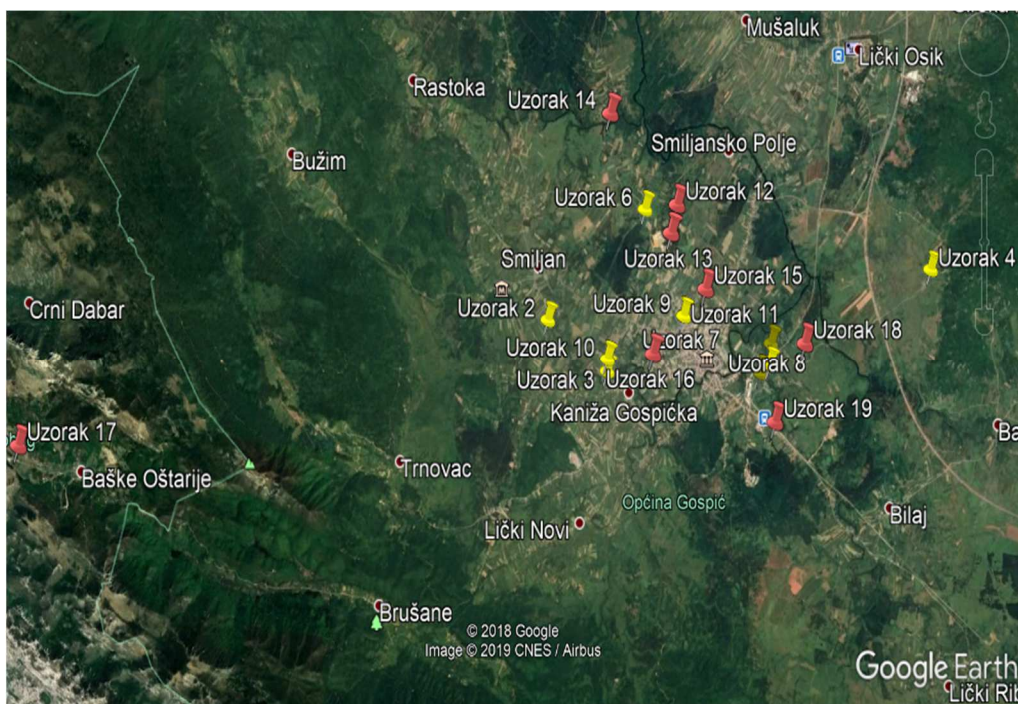
Tablica 1. Popis vrsta pronađenih na području Like (Mršić, 1991)

	Ime vrste	Nalazište
1	<i>Allolobophora altimontana</i> (Mršić 1982)	Krasanska Duliba WK05, Zavižanski Pivčevac WK05
2	<i>Allolobophora sturanyi sturanyi</i> (Rosa, 1895)	Kapela WK18, Rožanski Kukovi WK05, Tulove Grede WK50, Zavižan WK05
3	<i>Aporrectodea handlirschi</i> (Rosa, 1897)	Smiljan WK23
4	<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	Bačić Duliba WK13, Baške Oštarije WK12
5	<i>Aporrectodea smaragdina</i> (Rosa, 1892)	Bačić Duliba WK13, Grabovo Rame WK05, Smiljan WK23, Štirovača WK04
6	<i>Bimastos parvus</i> (Eisen, 1874)	Vrhovine, WK36
7	<i>Dendrobaena alpina alpina</i> (Rosa, 1894)	Rožanski Kukovi WK05
8	<i>Dendrobaena byblica</i> (Rosa, 1893)	Smiljan WK23
9	<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	Smiljan, WK23
10	<i>Dendrodrilus rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826)	Vrhovine WK36, Kriva Draga WK46, Rožanski Kukovi WK05
11	<i>Dendrodrilus rubidus subrubicundus</i> (Eisen, 1874)	Štirovača WK04
12	<i>Eisenia lucens</i> (Waga, 1857)	Štirovača WK04
13	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Plitvička jezera WK46
14	<i>Lumbricus castaneus</i> (Savigny, 1826)	Kapela WK18
15	<i>Lumbricus meliboeus</i> (Rosa, 1884)	Crni Vrh WK36
16	<i>Lumbricus rubellus</i> (Hoffmester, 1843)	Korenička kapela WK55
17	<i>Octodriloides kovacevici</i> (Zicsi, 1970)	Krasanska Duliba WK05
18	<i>Octodrilus bretscheri</i> (Zicsi, 1969)	Velebit WK13
19	<i>Octodrilus complanatus</i> (Duges, 1828)	Baške Oštarije WK12, Smiljan WK23
20	<i>Octodrilus croaticus</i> (Rosa, 1895)	Vrhovine WK36, Halan WK36
21	<i>Octodrilus lissaensis</i> (Michaelson, 1891)	Štirovača WK04, Zavižan WK05, Bačić Duliba WK13
22	<i>Octodrilus slovenicus</i> (Karaman, 1972)	Smiljan WK23, Zavižan WK05
23	<i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1984)	Štirovača WK04, Vrhovine WK36

24	<i>Octodrilus velebiticus</i> (Mršić, 1991)	Smiljan WK23
25	<i>Octolasion lacteum</i> (Örley, 1881)	Smiljan WK23

3.2. Analiza uzoraka

Uzorkovanje je izvršeno u dva navrata, u ljetnom periodu (između 30. kolovoza i 19. rujna 2018.) te u proljetnom periodu (između 16. i 20. travnja 2019.). Tijekom uzorkovanja sakupljeno je ukupno 19 uzoraka sa različitih lokacija (Slika 11), pri čemu su uzorci od 1 do 11 sakupljeni u prvom, ljetnom razdoblju te su na slici označeni znakom žute boje, dok su uzorci od 12 do 19 sakupljeni tijekom drugog, proljetnog razdoblja i označeni su znakom crvene boje. Ukupni broj sakupljenih jedinki iznosio je 123 jedinke, od toga je 65 jedinki sakupljeno u prvom, a 58 u drugom razdoblju. U Tablici 2. nalaze se podaci s GPS koordinatama mjesta na kojima je obavljeno uzorkovanje, kao i izračunate gustoće pojedinih uzoraka.



Slika 11. Prikaz lokacija uzoraka

Tablica 2. Prikaz GPS koordinata i gustoće uzorkovanih gujavica

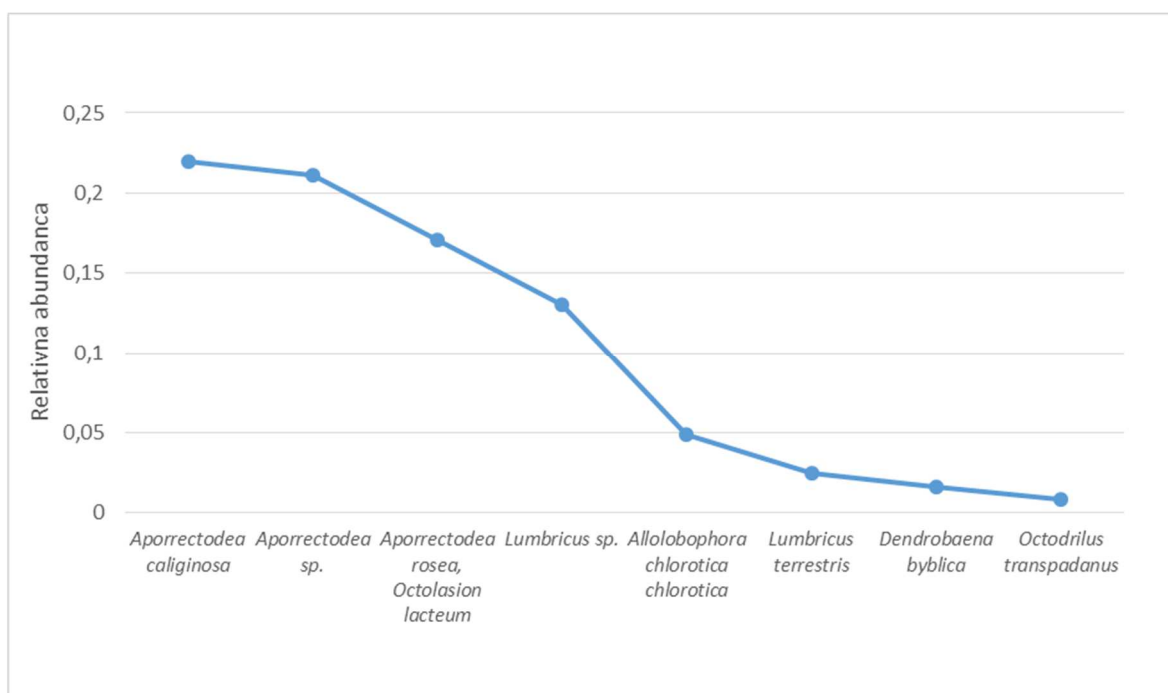
Broj uzorka	Lokacija	Gustoća (br. jedinki /m ²)
1	N:44°32'48,92" , E:15°23'40,87"	48
2	N:44° 33' 4, 64", E:15°19'20,36"	16
3	N:44°32'29,99" E:15°20'29,50"	32
4	N:44°33'37,29" E: 15°26'47,49"	144
5	N:44°32'28,90" E:15°23'28,85"	160
6	N:44°32'28,90" E:15°23'28,85"	112
7	N:44°33'7,04" E: 15°21'58,77"	112
8	N: 44°32'34,43" E:15°23'38,91"	144
9	N:44°33'7,30" E:15°21'58,44"	96
10	N:44°32'38,25" E:15°20'29,72"	96
11	N:44°33'7,22" E:15°21'58,03"	96
12	N:44°34'19,13" E:15°21'50,59"	80
13	N:44°34'0,56" E:15°21'43,55"	80
14	N:44°35'19,39" E:15°20'32,62"	128
15	N:44°33'23,58" E:15°22'23,84"	208
16	N:44°32'40,56" E:15°21'22,49"	128
17	N:44°31'39,91" E:15°9'10,12"	112
18	N:44°32'47,65" E:15°24'20,02"	96
19	N:44°31'55,14" E:15°23'45,03"	80

3.2.1. Vrste

Determinacijom je utvrđena prisutnost ukupno sedam vrsta gujavica. Najveći broj jedinki pripada vrstama *Aporrectodea caliginosa* (22%) i *Aporrectodea rosea* (17%). U slučaju 42 jedinke (34%), determinacija je bila moguća samo do razine roda, budući se radilo o juvenilnim jedinkama kod kojih nije došlo do potpunog razvoja i ispoljavanja pojedinih vanjskih tjelesnih značajki (Tablica 3). Od ukupnog broja determiniranih jedinki, rodu *Aporrectodea* pripada 60% jedinki. Na Slici 12. prikazane su apsolutne vrijednosti jedinki pojedinih vrsta unutar uzoraka.

Tablica 3. Popis i zastupljenost vrsta u prikupljenim uzorcima

	Lat. naziv	Broj jedinki	%
1.	<i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826)	27	22,0
2.	<i>Aporrectodea sp.</i>	26	21,1
3.	<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	21	17,1
4.	<i>Octolasion lacteum</i> (Örley, 1881)	21	17,1
5.	<i>Lumbricus sp.</i>	16	13,0
6.	<i>Allolobophora chlorotica chlorotica</i> (Savigny, 1826)	6	4,9
7.	<i>Lumbricus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)	3	2,4
8.	<i>Dendrobaena byblica</i> (Rosa, 1893)	2	1,6
9.	<i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1884)	1	0,8
		$\Sigma = 123$	$\Sigma = 100,0$



Slika 12. Relativna brojnost uzorkovanih vrsta.

3.2.2. Indeksi raznolikosti

Prema podacima iz Tablice 4. vidljivo je kako vrijednost Shannonovog indeksa raznolikosti na razini ukupnog broja uzorkovanih jedinki iznosi 1,87. Rezultati svakog od ova dva razdoblja za isti indeks ne razlikuju se značajno od navedene vrijednosti. Vrijednost Simpsonovog indeksa raznolikosti iznosi 0,84. Vrijednost Sørensenovog indeksa sličnosti iznosi između uzoraka iz dvaju razdoblja iznosi 87,5 %.

Tablica 4. Vrijednosti indeksa raznolikosti i Sørensenovog indeksa sličnosti

	Shannonov indeks raznolikosti (H)	Simpsonov indeks raznolikosti (D)	Sørensenov indeks sličnosti (%)
1. razdoblje (uzorci 1- 11)	1,81	0,81	
2. razdoblje (uzorci 12-19)	1,69	0,80	
Uzorci iz oba razdoblja	1,87	0,84	87,5

4. RASPRAVA

Kvaliteta tla i sva ostala njegova svojstva od velike su važnosti za čovjeka i njegov opstanak. Zbog toga je od velike važnosti proučavati faunu tla te samu bioraznolikost organizama u tlu. Gujavice su životinjski organizmi koji su široko rasprostranjeni i koji značajno utječu na strukturu tla i njegova kemijska i fizikalna svojstva. One svojim načinom života stvaraju slojeve tla te povećavaju njegovu poroznost. Kako bi dobili što bolji uvid u rasprostranjenost pojedinih vrsta gujavica, potrebna su istraživanja njihove faune i na područjima, kao što je područje na kojem su uzimani uzorci u svrhu izrade ovog završnog rada, koji do sad nisu bili sustavnije istraživani.

Provedeno uzorkovanje napravljeno je s ciljem dobivanja uvida u sastav lumbrikofaune Gospića i okolice zbog vrlo malog broja do sad analiziranih uzoraka s navedenog prostora.

Literaturni pregled vrsta gujavica u WK kvadrantu ukazuje na specifična područja unutar kvadranta površine 100km² (10 x 10km) gdje su pronađene određene vrste gujavica, kao što su Smiljan (WK23), Vrhovine (WK36), Kapela (WK18) te Plitvička Jezera (WK46). Unutar ovog istraživanja, obuhvaćena su područja koja uključuju Baške Oštarije (WK13), Divoselo (WK22), Gospić (WK23) i Lički Osik (WK33), (izvor Web 6).

Iz dobivenih rezultata vidljiva je prisutnost ukupno sedam različitih vrsta u uzetim uzorcima, uz 34% jedinki koje su determinirane samo do razine roda. Mršić (1991) u pregledu faune Balkana spominje 25 vrsta gujavica koje su nađene na području obuhvaćenom ovim istraživanjem. Usporedbom dostupnih literaturnih navoda i rezultata determinacije prikupljenih uzoraka, vidljivo je kako tri vrste iz navedenog popisa, ranije nisu zabilježene na navedenom području, a to su: *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *Allolobophora chlorotica* (Savigny, 1826), te *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758). Također, za obje najčešće uzorkovane vrste (*Aporrectodea caliginosa* i *Aporrectodea rosea*) karakteristično je stanje dijapauze, odnosno stanje potpunog mirovanja u slučaju nepovoljnih životnih uvjeta u tlu. Vrlo visoka vrijednost Simpsonovog indeksa (0,84) ukazuje na relativno veliku bioraznolikost analiziranih uzoraka. Izračunata vrijednost Sørensenovog indeksa (87,5%) ukazuje na vrlo veliku sličnost između uzoraka koji su uzimani u dva različita razdoblja tijekom ovog istraživanja. Za usporedbu može poslužiti usporedba indeksa bioraznolikosti i sličnosti za alpsku i kontinentalnu biogeografsku regiju u Republici Hrvatskoj. Simpsonov indeks bioraznolikosti za alpsku regiju iznosi 0,93

(Halavuk, 2013). Niža vrijednost indeksa unutar ovog istraživanja može se objasniti relativno malom površinom koja je obuhvaćena pri uzorkovanju unutar alpske regije.

Sørensenov index sličnosti između uzoraka alpske i kontinentalne biogeografske regije u Republici Hrvatskoj iznosi 70% (Halavuk, 2013). Viši Sørensenov index sličnosti unutar ovog istraživanja je očekivan s obzirom da se odnosi na uzorke unutar jedne biogeografske regije te obuhvaća manju površinu.

Relativno mala brojnost jedinki unutar pojedinih uzoraka te velik broj juvenilnih jedinki, posebice kod uzoraka uzetih tokom ljetnog uzorkovanja, može se objasniti činjenicom da su u trenutku uzorkovanja vremenski uvjeti bili nepovoljni sa visokim temperaturama koje su rezultirale isušivanjem površinskog sloja tla te da su se gujavice uslijed tako nepovoljnih uvjeta povukle dublje u stupac tla, gdje su vladali povoljniji uvjeti za život. Sukladno tome, potrebno je sustavno istraživanje koje bi obuhvatilo sva godišnja doba sa većim brojem uzoraka koji bi pokrivali cijelo dostupno područje unutar WK kvadranta, sa reprezentativnim brojem uzoraka iz svakog područja površine 10 x 10km. Dodatno istraživanje bi također potvrdilo prisutnost vrsta gujavica koje prethodno nisu zabilježene na ovom području. Izabrana metoda uzorkovanja, metoda ručnog prebiranja, trenutno je najbolji pristup uzorkovanju gujavica. U sklopu ovog istraživanja lokacije uzorkovanja odabrane su nasumično unutar WK kvadranta. Daljnja istraživanja trebala bi uključivati sustavniji odabir lokacija za uzimanje uzoraka kojima bi se kvalitetnije obuhvatio čitav prostor.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata provedenog istraživanja moguće je donijeti slijedeće zaključke:

- pregledom literature ustanovljeno je kako su istraživanja faune gujavica rađene rijetko, bez sustavnog istraživanja čitavog teritorija Republike Hrvatske
- rezultati istraživanja pokazuju prisutnost pojedinih vrsta koje do sad nisu zabilježene na navedenom području
- rezultati ukazuju na značajnu bioraznolikost istraživanog prostora
- kako bi dobili potpuniji uvid u lumbrikofaunu navedenog prostora potrebno je napraviti veći broj uzorkovanja u različitim periodima tijekom godine
- potreban je sustavan odabir lokacija uzimanja uzoraka u svrhu kvalitetnijeg istraživanja

6. LITERATURA

- Blakemore, R. J. (2002) *Cosmopolitan earthworms- an Eco- Taxonomic Guide to the Peregrine Species of the world*, 2nd ed., Kippax, VermEcology.
- Csuzdi C., Pop V.V., Pop A.A. (2011). The earthworm fauna of the Carpathian Basin with new records and description of three new species (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zoologischer Anzeiger* 250 (1), 2-18.
- Čukman, I. (2018) Demografski razvoj i projekcije budućeg kretanja stanovništva Grada Gospića. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno- matematički fakultet, Geološki odsjek, Zagreb.
- Edwards, C. A. (2004) *Earthworm Ecology*, 2nd ed., Boca Raton, CRC Press.
- Habdija, I. et al. (2011) *Protista-Protozoa-Metazoa-Invertebrata. Strukture i funkcije*. Zagreb, Alfa.
- Hackenberger, D.K. (2012) *Struktura i postorno-vremenska rapsodjela populacija gujavica (Oligochaeta: Lumbricidae) duž visinskog transekta Ogulin-Novi vinodolski*. Doktorska diesertacija. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.
- Hackenberger D.K., Hackenberger B.K. (2013) Checklist of the earthworm fauna of Croatia (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zootaxa* 3710: 001–030.
- Hackenberger, D.K., Hackenberger, B.K., Hackenberger D.K. (2015) *ErIK: Ključ za određivanje gujavica Hrvatske*. Bioquant, Osijek.
- Halavuk, T. (2013) *Zoogeografska analiza rasprostranjenosti gujavica (Lumbricidae) na području Hrvatske*. Diplomski rad. Sveučilište u Osijeku, Odjel za biologiju, Osijek.
- Hodak, L. (2018) *Genska raznolikost gujavica rodova *Aporrectodea* Örley, 1885 i *Lumbricus* Linnaeus, 1758 (Oligochaeta, Annelida) u kontinentalnoj Hrvatskoj*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.
- Magurran, A. E. (2004) *Measuring Biological Diversity*. Malden, Blackwell Science Ltd.
- Mršić, N. (1991) *Monograph on Earthworms (Lumbricidae) of the Balkans*. Ljubljana Slovenian Academy of Sciences and Arts.

Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. et al, (2008) Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961–1990., 1971–2000. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb.

Zhang, Q., Hou, X., Yonghong, F., Niu, J., Zhou, Y., & Ding, Y. (2014) Alpha, Beta and Gamma Diversity Differ in Response to Precipitation in the Inner Mongolia Grassland. PLOS ONE, vol.9: 1-9

Web 1: Science Learning Hub: <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/7-niches-within-earthworms-habitat> (26.5.2019.)

Web 2: Learn about butterflies
<http://www.zonacharrua.com/butterflies/World%20Census.htm> (8.7.2019.)

Web 3: European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/biogeographical-regions-in-europe-2> (7.7.2019.)

Web 4: Flora Croatica Database (FCD) <http://hirc.botanic.hr/HBoD/doc/Natura-2000-prezentacija%201.pdf> (8.7.2019.)

Web 5: Department of Botany and Botanical Garden:
<http://www.botanic.hr/public/gisbio/gis039.htm> (26.6.2019.)

Web 6: Department of Botany and Botanical Garden:
<http://www.botanic.hr/public/gisbio/gis034.htm> (9.7.2019.).

Web 6: Department of Botany and Botanical Garden:
<http://www.botanic.hr/public/gisbio/gis034.htm> (9.7.2019.).