

UNIVERZITET U BEOGRADU

BIOLOŠKI FAKULTET

Nikola S. Marinković

**TAKSONOMSKA DIFERENCIJACIJA, DIVERZITET I  
DISTRIBUCIJA VRSTA PODREDA ERPOBDELLIFORMES  
(ANNELIDA; HIRUDINEA) PODRUČJA ZAPADNOG  
BALKANA**

doktorska disertacija

Beograd, 2020.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF BIOLOGY

Nikola S. Marinković

**TAXONOMIC DIFFERENTIATION, DIVERSITY AND  
DISTRIBUTION OF SPECIES FROM THE SUBORDER  
ERPOBDELIIFORMES (ANNELIDA; HIRUDINEA) IN THE  
WESTERN BALKANS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2020.

## Mentori

- Mentor dr Vera Nikolić, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet;
- Mentor dr Maja Raković, naučni saradnik, Univerzitet u Beogradu, Institut za biološka istraživanja “Siniša Stanković” – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju;

## Komisija za odbranu

- dr Vera Nikolić, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet;
- dr Maja Raković, naučni saradnik, Univerzitet u Beogradu, Institut za biološka istraživanja “Siniša Stanković” – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju;
- dr Vladimir Pešić, redovni profesor, Univerzitet Crne Gore, Prirodno- Matematički fakultet;

Datum odbrane: \_\_\_\_\_ 2020. godine



## Zahvalnica

Na početku bih želeo da se zahvalim Momi i Banetu što su mi pružili šansu da postanem deo Instituta. Hvala im na ukazanom poverenju i nesebično podeljenom znanju i iskustvu. Tereni i poslovi koje smo uradili omogućili su mi da vidim neke predivne predele, upoznam mnoge zanimljive i dobre ljude i na kraju da steknem vredna iskustva. Nadam se da ćemo se u buduće još više ovako radno družiti.

Drugari sa odeljenja za hidroekologiju, Maro, Magi, Boko, Vanja, Ana, Jeco T, Boška, Kajo, Jeco V, Naco, Điki, Kaća, Jeco ČA, Jeco Đ, Stefke, Pero hvala što ste uvek bili spremni da odvojite malo svog vremena i pomognete.

Ovaj rad ne bi ovako izgledao da mi na raspolaganju nije bio ogroman materijal koji su sa mnom nesebično podelili Helena Huđek, Kaća Bjelanović (Stojanović), Boris Novaković, Đurađ Milošević, Predrag Mitrović iz Instituta za vode iz Bijeljine RS, Valentina Slavevska-Stamenković i njeni saradnici sa Prirodno-matematičkog Fakulteta iz Skoplja.

Stefke i Đuđu hvala što ste tokom svojih terena odvojili vreme da i za mene pronadete i donesete po nešto.

Posebnu zahvalnost dugujem profesoru Pešiću i kolegi Bogiću Gligoroviću za ustupljeni materijal i podatke i odličnu saradnju.

Nemerljivu zahvalnost dugujem svojim Mentorkama.

Poštovana i draga Vera hvala što ste preuzeli mentorstvo nad mojim doktoratom u jednom komplikovanom trenutku, što ste bili glas razuma i nadzorni faktor koji se pobrinuo da ovaj rad bude kompletiran u ovom kratkom roku. Hvala što ste sve vreme bili puni podrške i uspevali da date prave savete koji su mi olakšali izradu ove teze.

Majo velike zasluge za kvalitet i rok u kome je završen ovaj doktorat pripadaju tebi. Hvala što si nesebično podelila svoje znanje i vreme kako bi uspeli u ovome što smo započeli pre nešto više od tri godine. Znam da je bilo stvari oko kojih nismo mogli da se složimo, sukobili smo mišljenja, svako je imao neku svoju viziju kako stvari treba uraditi, ali mislim da se možemo oko jednog složiti, napravili smo nešto interesantno i značajno za nauku iako smo samo zagreballi površinu ove kompleksne problematike.

Neizmerno sam zahvalan svojoj porodici koja je iznela teret mog odrastanja i školovanja i uvek bila mesto na kome se osećam sigurno ma koliko uspeha ili neuspeha proživljavao u tom trenutku. Hvala vam što ste mi omogućili da učim ono što želim i postanem čovek ponosan na sebe.

Ovaj rad posvećujem svojim devojkama Sari i Radi bez kojih sve ovo ne bi imalo smisla, hvala vam što mi ispunjavate svaki dan.

Nikola Marinković

## Taksonomska diferencijacija, diverzitet i distribucija vrsta podreda Erpobdelliformes (Annelida; Hirudinea) područja zapadnog Balkana

Sažetak:

Balkansko poluostrvo je značajan centar biodiverziteta u kome pijavice imaju značajan udeo. Taksoni koji su svrstani u podred Erpobdelliformes su brojni sa velikim udelom endemičnih predstavnika. Rodovi sa najvećim diverzitetom vrsta su *Erpobdella*, *Dina* i *Trocheta*. Savremene molekularno genetičke analize su pokazale da rodovi *Dina* i *Trocheta* ne predstavljaju monofiletske grupe. Ciljevi ove studije su bili stvaranje pregleda faune erpobdelida zapadnog Balkana, provera pouzdanosti taksonomskih karaktera molekularnim metodama, utvrđivanje filogenetskih odnosa, utvrđivanje ekoloških preferenci vrsta i provera njihove upotrebljivosti u biomonitoringu.

Istraživanje je obuhvatilo područje od Save i Dunava na severu do Prespanskog i Dojranskog jezera na jugu. Identifikacija je vršena na osnovu segmentacije telesnih članaka, položaja gonopora, građe genitalnog atrijuma i testisa. Potvrda pouzdanosti identifikacije taksona vršena je na molekularnom nivou, analizom COI gena.

Tokom istraživanja zabeleženo je prisustvo devet vrsta iz podreda Erpobdelliformes, a vrsta *Dina lineata* (Müller, 1774) je zastupljena sa tri podvrste (*D. lineata lineata* (Müller, 1774), *D. lineata dinarica* Sket, 1968 i *Dina lineata montana* Sket, 1968). Najčešći taksoni tokom studije su ***D. lineata dinarica***, ***Erpobdella octoculata* (L. 1758)** i ***E. vinlensis* (Liskewitz, 1925)**, koji pokazuju jasno razlikovanje u ekološkim preferencama. Pored autohtonih predstavnika zabeležena je invazivna vrsta ***Barbronia weberi* (R. Blanchard, 1897)** (fam. Salifidae). Stablo dobijeno filogenetskim analizama pokazuje jasno izdvojene grane koje odgovaraju identifikovanim taksonima.

Fauna podreda Erpobdelliformes je bogata. Tri taksona odlikuje široko geografsko rasprostranjenje i velika frekventnost, dok su ostali taksoni ograničeni na uska područja koja nastanjuju. Hidromorfološke odlike i pozicija vodnog tela imaju najveći uticaj na distribuciju vrsta. Najčešće beleženi taksoni mogu se koristiti kao dobar prediktor tipa vodnog tela i kao pouzdan bioindikator kvaliteta vode. Tradicionalna podela u okviru familije Erpobdellidae je kod Balkanskih predstavnika pouzdana. *Dina lineata dinarica* je filogenetski i morfološki diferenciran takson u odnosu na druge u okviru *D. lineata* i trebalo bi se tretirati kao zasebna vrsta *D. dinarica*.

Ključne reči: Erpobdelliformes, Hirudinea, Pijavice, Diverzitet, Balkansko poluostrvo, Taksonomija, Filogenija, Hidroekologija, Endemizam, Alohodne vrste

Naučna oblast: Biologija

Uža naučna oblast: Morfologija, sistematika i filogenija životinja

## Taxonomic differentiation, diversity and distribution of species from the suborder Erpobdelliformes (Annelida; Hirudinea) in the western Balkans

Abstract:

The Balkan Peninsula is an important biodiversity hotspot, with leech fauna significantly contributing to the wealth of species of the region. The taxa from the suborder Erpobdelliformes are numerous and a large share of these are endemic. Three most diverse genera are *Erpobdella*, *Dina* and *Trocheta*. Contemporary genetic studies have shown that these are not monophyletic. The aims of this study were to review the fauna of Erpobdelliformes of the western Balkans, to validate the taxonomic characters by molecular analyses, to determine the phylogenetic relations of taxa, and to examine the ecological preferences of the species and their usefulness in biomonitoring.

Localities from the Danube and the Sava Rivers in the north to the Prespa and the Dojran Lakes in the south were investigated. Identification was based on somite segmentation, the positions of sexual openings, and on the shape and size of the genital atrium and testisacs. The reliability of identification of taxa was performed at the molecular level through analysis of the COI gene.

Nine species were detected. The species *Dina lineata* (Müller, 1774) was represented with three subspecies (*D. lineata lineata* (Müller, 1774), *D. lineata dinarica* Sket, 1968 and *Dina lineata montana* Sket, 1968). The most frequent taxa were *D. lineata dinarica*, *Erpobdella octoculata* (L. 1758) and *E. vinlensis* (Liskewitz, 1925), which despite overlapping distributions displayed clear differentiation in their ecological preferences. One invasive species from the family Salifidae, *Barbronia weberi* (R. Blanchard, 1897) was detected. The constructed phylogenetic tree revealed distinct branches that correspond to each of the identified taxa.

The fauna of Erpobdelliformes is rich. Three taxa exhibit wide areas of distribution and a high frequency of occurrence, while other taxa are rare. The hydromorphological properties and position of water bodies have the largest impact on the distribution of leeches. Frequently recorded taxa can be used as good bioindicators of water quality. Traditional classification of the family Erpobdellidae is valid for the Balkan fauna. *Dina lineata dinarica* is a morphologically and phylogenetically differentiated taxon from other taxa in *D. lineata* and should be treated as a separate species, *D. dinarica*.

Keywords: Erpobdelliformes, Hirudinea, leeches, biodiversity, Balkan Peninsula, taxonomy, phylogeny, hydrogeology, endemism, alien species

Scientific field: biology

Narrower scientific field: morphology, systematics and phylogeny of animals

# Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.1 Opšte karakteristike pijavica i njihova klasifikacija .....	2
1.2 Opšte karakteristike podreda Erpobdelliformes .....	4
1.3 Erpobdellidae na području Balkana .....	6
1.4 Problematika grupe .....	16
1.5 Područje istraživanja .....	18
1.6 Istorijat istraživanja .....	19
Ciljevi .....	20
2. Materijal i metode.....	21
2.1 Područje istraživanja .....	22
2.2 Prikupljanje i konzervacija biološkog materijala .....	23
2.3 Statističke metode.....	24
2.4 Molekularne analize .....	29
3. Rezultati.....	33
3.1. Faunistički sastav i distribucija vrsta iz podreda Erpobdelliformes zabeleženih na ispitivanom području.....	35
3.1.1 Analiza faune podreda Erpobdelliformes na području zapadnog Balkana na osnovu literaturnih podataka.....	39
3.2 Taksonomska diferencijacija taksona iz podreda Erpobdelliformes na osnovu morfoloških i anatomskih karaktera.....	43
3.3 Analiza distribucije najčešćih vrsta podreda Erpobdelliformes .....	44
3.2.1. Horološka diferencijacija najčešćih vrsta podreda Erpobdelliformes.....	44
3.3.2. Ekološka diferencijacija najčešćih vrsta podreda Erpobdelliformes .....	49
3.4 Analize zajednica pijavica u kojima se nalaze predstavnici podreda Erpobdelliformes, komponente diverziteta i ekološke preference .....	52
3.4.1 Klasifikacija zajednica pijavica .....	52
3.4.2 Zajednice pijavica - distribucija .....	56
3.4.3 Zajednice pijavica - komponente diverziteta .....	57
3.4.4 Uticaj sredinskih faktora na varijabilnost zajednica pijavica.....	59
3.5 Filogenetski odnosi vrsta podreda Erpobdelliformes .....	61
4. Diskusija.....	64
5. Zaključci .....	71
6. Literatura.....	73
Prilozi.....	81

## **1. Uvod**



Pijavice (Hirudinea) su monofiletska grupa visoko specijalizovanih člankovitih crva (Annelida, Lamarck, 1809). Iako je broj opisanih vrsta relativno mali ( $\approx 700$ ), imaju važnu ulogu kao predatori, u slatkovodnim ekosistemima, ili sangvivorni ektoparaziti. Premda su preci naseljavali mora, svega 15% recentnih vrsta živi u slanoj vodi, nešto manji procenat su terestrične vrste, dok je najveći diverzitet opisanih vrsta u slatkovodnim ekosistemima (Sket i Trontelj, 2007).

Ova grupa beskičmenjaka je naselila sve kontinente, osim Antarktiku. Holarktički region odlikuje najveći diverzitet, a kao centri diverziteta se mogu izdvojiti Balkansko poluostrvo (jezero Ohrid) u Evropi i Bajkalsko jezero u Aziji. (Sket i Trontelj, 2007; Trajanovski i sar., 2010).

Najčešća asocijacija, kada se pomene pojam pijavica, jeste medicinska pijavica i njena upotreba u terapijske svrhe kroz istoriju. Dugo se smatralo da se u ove svrhe koristi samo jedna vrsta na području Evrope, *Hirudo medicinalis* L, 1758. Ipak, savremene taksonomske studije ukazuju da se radi o 4 vrste roda *Hirudo* koje naseljavaju zapadni Palearktiku. Komercijalno gajenje pijavica, pored roda *Hirudo*, u različitim delovima sveta, obuhvata i više rodova sangvivornih pijavica (Kutschera, 2012). Ove vrste su bile predmet mnogih istraživanja zbog svoje upotrebe u medicini, dok su slodnoživeće vrste ostale pomalo zapostavljene, iako obuhvataju daleko veći deo faune pijavica.

## 1.1 Opšte karakteristike pijavica i njihova klasifikacija

Osnovne karakteristike klase Hirudinea ih nedvosmisleno svrstavaju u filum člankovitih crva-Annelida, a u okviru ovog filuma najrodniji su im predstavnici klase Oligochaeta. Pripadnici obe grupe su hermafroditi i poseduju klitelum, kožni nabor koji ima ulogu u parenju i polaganju jaja, pa su svrstani u grupu Clitellata u koju svrstane i dve manje grupe koje imaju parazitski način života Acanthobdelliadae i Branchiobdellidae.

Srodnički odnosi između grupa u okviru Clitellata nisu u potpunosti razjašnjeni, uprkos primeni savremenih molekularnih metoda. Ono u čemu se svi istraživači koji se bave ovom grupom slažu, jeste zajedničko poreklo svih grupa. Razlike u mišljenjima se ogledaju u predloženim filogenetskim odnosima unutar grupa Oligochaeta, Acanthobdellidae, Branchiobdellidae i Euhirudinea (*sensu* Sawyer, 1986), a posledično tome i njihovo razdvajanje, spajanje i svrstavanje u adekvatne taksonomske kategorije (Akapukapl i sar., 1999; Nesemann i Neubert, 1999; Siddall i Burreson, 1998; Siddall i sar., 2001; Sawyer, 1986). U ovoj tezi će biti korišćena klasifikacija prema Nesemann i Neubert (1999), prema kome Hirudinea imaju status klase i odnosi se na pijavice u užem smislu (Euhirudinea prema Sawyer, 1986).

Za razliku od Oligochaeta, Hirudinea ne poseduju hete, dok je celom u velikoj meri redukovan i zamenjen parenhimatičnim tkivom (Sawyer, 1986). Ono što karakteriše sve pijavice je prisustvo pijavki, jedna na zadnjem i jedna na prednjem kraju tela. U odnosu na svoje srodnike iz filuma Annelida, ova grupa je u evolutivnom smislu otišla napred u pogledu građe tela. Naime, sve imaju 33 telesna segmenta (somita), što je karakteristika grupa (Arthropoda), za koje se smatra da su na višem evolutivnom stupnju kada se posmatra plan građe tela (Sawyer, 1986). Telo, koje je podeljeno na pet regiona (glaveni, preklitelarni, klitelarni, trupni i region kaudalne (repne) pijavke), je najčešće dorzoventralno spljošteno, ali ima i predstavnika koji su cilindričnog oblika (Sawyer, 1986; Nesemann i Neubert 1999). Telo je na površini sekundarno segmentisano, pa je svaki telesni članak (somit) podeljen na 3 do 5 sekundarnih segmenata (prstena, anulusa), a ovi prstenovi se mogu dalje deliti kod nekih predstavnika na tercijarne i kvaternarne pa njihov ukupan broj po somitu dostiže 14 (Sawyer, 1986).

Na prednjem kraju tela oko usnog otvora nalazi se prednja pijavka. Glava je građena od prostomijuma (lat. *prostomium*) i pet segmenata koji su stopljeni. Dok jedan broj predstavnika poseduje rilicu (lat. *proboscis*) (red Rynchobdellida Blanchard, 1893), organ koji se nalazi u ždreću

i koji se može izbaciti/izvrnuti napolje, a služi za probijanje kože domaćina (plena), kod nekih predstavnika podreda Hirudiniformes postoje ždrelni zubi izgrađeni od hitina (grupa Gnathobdellida). Predstavnici pijavica koji ne poseduju rilicu ili ždrelne zube često se svrstavaju u grupu Pharingobdellida. Na glavi pijavica su prisutne oči, kojih može biti različit broj, od 1 do 5 pari. U slučaju fosorijskih i subterestričnih vrsta često dolazi do redukcije očiju. Pored očiju na prostomijumu su razvijena taktilna i hemijska čula koja imaju važnu ulogu u detekciji plena (Sawyer, 1986).

Na zadnjem kraju tela nalazi se kaudalna pijavka. Ova struktura predstavlja sinapomorfnu karakteristiku za sve pijavice i njihove srodnike Acanthobdellida i Branchiobdellidae. Pijavka koja je sačinjena od poslednjih sedam telesnih segmenata, prevashodno ima ulogu u kretanju, a kod nekih parazitskih vrsta uloga joj se menja, pa u tim slučajevima pijavka služi za pričvršćivanje za domaćina, kao što je koriste i predstavnici Acanthobdellida i Branchiobdellidae (Siddall i sar., 2001).

Kao i kod Oligochaeta, telesni zid Hirudinea je građen od kutikule, ispod koje je epidermis, a ispod epidermisa je sloj kružnih i sloj uzdužnih mišića. U epidermisu se nalaze brojne žlezde od kojih neke imaju ulogu da luče sluz, dok druge stvaraju pigmente, pa tako različite vrste poseduju karakterističnu obojenost. Kružni i uzdužni mišići, između kojih se mogu nalaziti i kosi mišići, omogućavaju kretanje, koje može biti crvoliko puzanje, hodanje ili plivanje (Mann, 1962).

Način ishrane kod različitih grupa je uticao na građu crevnog sistema, građu ždrela, prisustvo proboscisa, i ove osobine se smatraju najbitnijim taksonomskim karakterima. Različiti autori se slažu da se prelazak sa slobodnoživećeg na parazitski način života dogodio više puta, nezavisno, tokom evolucione istorije (Apakupakul i sar., 1999; Sket i Trontelj, 2007; Ocegüera-Figueroa i sar., 2011). Kod hematofagnih pijavica, koje se hrane krvlju kičmenjaka, javlja se niz adaptacija digestivnog sistema, u ždrelu se nalaze pljuvačne žlezde koje luče hirudin, enzim koji sprečava zgrušavanje krvi, a crevo poseduje brojne divertikule za skladištenje hrane na duži vremenski period. Likvisomatofagni način ishrane je najčešće prisutan kod pijavica koje imaju proboscis kojim isisavaju tečni sadržaj iz plena. Makrofagni način ishrane je prisutan kod predatorskih vrsta, pri čemu se plen ili njegov deo guta u celosti. Kod ovih vrsta crevo je u obliku cevi bez divertikula. Bitnu ulogu u ishrani pijavica igraju endosimbiotske bakterije koje učestvuju u varenju hrane. Kod hematofagnih vrsta najčešće je to jedna species-specifična bakterija, dok je kod predatorskih vrsta prisutno više vrsta bakterija.

Kao što je prethodno pomenuto, pijavice su hermafroditi, ali ne dolazi do procesa samooplodnje. Muški polni sistem je sačinjen od serijalno raspoređenih parova testisa od kojih polaze semeni kanalići koji se spajaju u dva semevoda (*vassa deferentia*). Otvor muškog polnog sistema nalazi se na 9. segmentu u klitelarnom regionu. Neke vrste poseduju kopulatorni organ, dok druge pakuju spermatozoide u spermatofore, koje lepe na telo druge jedinke prilikom parenja. Ženski polni sistem građen je od para jajnika (ovarijuma) koji se nalaze ispred testisa. Ovarijumi su preko jajovoda spojeni u vaginu koja se otvara na 11. segmentu. Nakon kopulacije, ili proste razmene spermatofora, oplodene jajne ćelije se odlažu u kokone, koje luči klitelum. Kokoni se najčešće lepe za čvrstu podlogu, a odstupanje od ovog pravila se javlja kod pojedinih vrsta (*Helobdella* ssp., *Placobdella* ssp.) koje čuvaju kokone na ventralnoj strani tela do izleganja mladih. Razviće se odvija preko larve, a metamorfoza se dešava u kokonu iz kog izlaze mlade jedinke koje liče na adulte. Opšte karakteristike pijavica su predstavljene na osnovu publikacija Mann (1962) i Sawyer (1986).

Klasifikacija pijavica predstavljena je prema Neseemann i Neubert (1999), koji su preuzeli klasifikaciju predloženu od strane Sawyer (1986) uz određene modifikacije. Prema ovoj klasifikaciji Hirudinea imaju status klase i dele se na dva podreda Rynchobdellida i Arynchobdellida.

Klasa Hirudinea Lamarck, 1816 (prema Nesemann i Neubert, 1999)

Red Rynchobdellida R. Blanchard, 1894

familija Glossiphoniidae Vaillant, 1890

familija Ozobanchidae Pinto, 1921

familija Piscicolidae Johnston, 1865

Red Arhynchobdellida R. Blanchard, 1894

podred Hirudiniformes Cabalero, 1952

podred Erpobdelliformes Sawyer 1986

Predstavnici Rhynchobdellida poseduju proboscis koji im služi za probijanje kože domaćina ili plena i usisavanje hrane. Veliki broj predstavnika su obligatni ektoparaziti riba, vodozemaca, gmizavaca i ptica, ali prelazak na predatorski način života nije redak slučaj. Kod nekih rodova su prisutna oba načina ishrane (npr. *Glossiphonia*) (Sawyer, 1986).

Red Arhynchobdellida obuhvata grupu pijavica koja ne poseduje proboscis, i podeljen je na dva podreda: Hirudiniformes i Erpobdelliformes. Hipotetički predak ove grupe imao je makrofagni način ishrane i prosto muskulozno ždrelo bez struktura kao što su ždrelni zubi, ždrelni nabori ili stileti. Kod recentnih grupa se u više slučajeva razvio hematofagni način ishrane, a njega je pratio i razvoj ždrelnih zuba sa ulogom u probijanju kože domaćina. Jedan broj predstavnika se vratio na makrofagni način ishrane. Prelazak sa predatorskog na parazitski način ishrane i vraćanje nazad se događao više puta kroz istoriju klase Hirudinea (Apakupakul i sar., 1999; Sket i Trontelj, 2007).

Podred Hirudiniformes obuhvata mnoge hematofagne predstavnike koji su svrstani u familije Hemadipsidae i Hirudinidae. Predstavnici familije Hirudinidae imaju ždrelnu hitinsku zube i u nju je svrstana i medicinska pijavica (*Hirudo medicinalis*). Pored hematofagnih predstavnika koji nastanjuju vodene ekosisteme u podred Hirudiniformes su svrstani i predstavnici koji su predatori kako u vodenim tako i u terestričnim ekosistemima (Xerobdellidae i Haemopidae).

## 1.2 Opšte karakteristike podreda Erpobdelliformes

Podred Erpobdelliformes obuhvata makrofagne predatore sa strepsilematoznim ždrelom (*pharynx*). Ždrelo je trouglastog oblika i nosi tri, slabo izražena, kožna nabora (pseudognate) između uglova „trougla“. Na prednjem kraju zidovi ždrelna zauzimaju dorzomedijalne i ventrolateralne pozicije, što znači da je jedan zid pozicioniran na sredini prema leđnoj strani tela, a preostala dva zauzimaju bočne pozicije ka trbušnoj strani. Ždrelo kratko zadržava ovu poziciju, a zatim se rotira za 60° suprotno od smera kazaljke na satu (Oka, 1923; Sawyer, 1986). U ždrelu se kod nekih predstavnika mogu nalaziti zubolike specijalizacije, stileti, što daje osnov za dalju podelu ovog podreda na dve grupe. agnatne (eng. *Agnathous*), familija Erpobdellidae, i miognatne (eng. *Myognathous*), familija Salifidae (Sawyer, 1986).

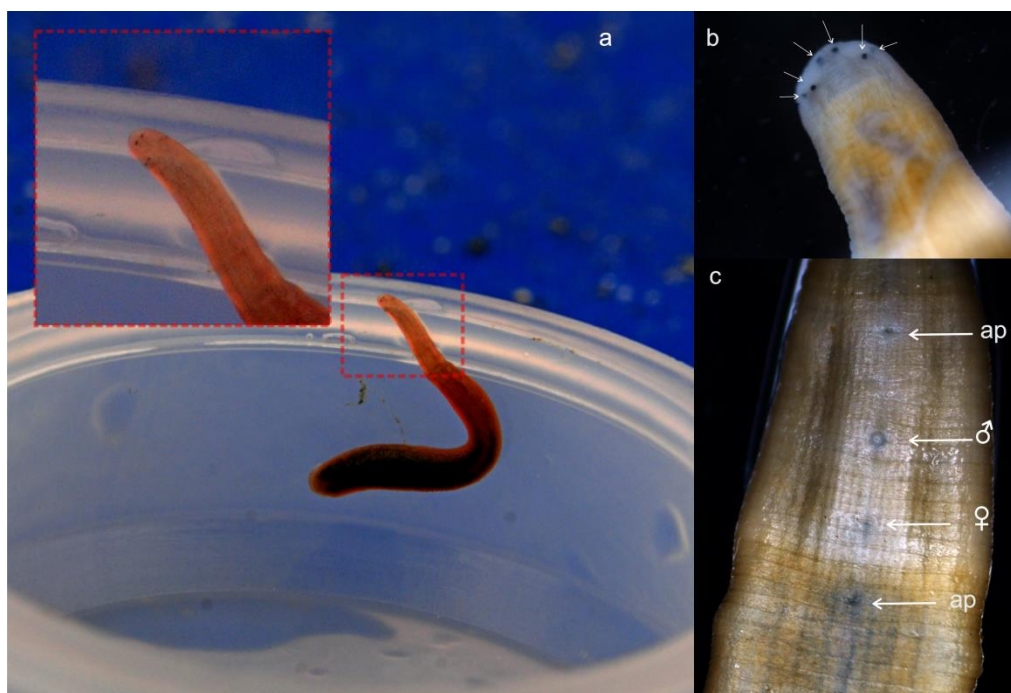
### Familija Salifidae

Predstavnici ove familije u ždrelu poseduju jake kožno-mišićne nabore (miognate) i između njih manje nabore, paragnate. Na vrhu svake miognate nalaze se hitinski „zubčići“, stileti, koji su postavljeni ka posteriornom kraju tela, ukoso, a najčešće ih ima tri para. Pijavice iz ove familije su

svrstane u četiri roda (*Barbronia*, *Linta*, *Mimobdella* i *Salifa*) koje uglavnom naseljavaju Afriku, Bliski Istok, južnu i jugoistočnu Aziju.

### ***Barbronia weberi* (R. Blanchard, 1897)**

Ova vrsta je jedini predstavnik familije Salifidae zabeležen na području Evrope. Nativno područje ove vrste je Azijski kontinent, Afganistan, Indijski potkontinent, Java, Sumatra, Borneo, južna Kina, Koreja, a prostire se i do Australije i Novog Zelanda. *B. weberi* se proširila iz jugoistočne Azije koja joj je nativno područje, po drugim kontinentima, pa i u Evropu i danas se smatra invazivnom vrstom (Govedich i sar., 2003; Ludányi i sar., 2019). Prvi primerci u Evropi su zabeleženi u Velikoj Britaniji 1970. godine, a u kontinentalnom delu su prve jedinke prikupljene u starom koritu reke Rajne (Nemačka) 1995. godine, a kasnije i u Holandiji, Italiji (2006) i Španiji (2010).. Pijavice su zabeležene u Dunavu u Mađarskoj (Ludányi i sar., 2019). *B. weberi* naseljava tekuće i stajaće vode gde život provodi kao tipičan slatkovodni predator, hrani se sitnim beskičmenjacima (Oligochaeta, Chironomidae, larve drugih insekatskih grupa, mekušci i dr.). Po morfološkim odlikama se ne razlikuje od svojih srodnika iz podreda Erpobdelliformes. Ono što je razlikuje jeste miognatno ždrelo, odnosno, prisustvo tri para faringealnih stileta. Pored ovih struktura treba pomenuti i prisustvo aksesornih pora, genitalnog sistema. Na ventralnoj strani tela lako se uočavaju dva dodatna otvora, jedan pre muške gonopore a jedan posle ženke gonopore. Još jedna razlika u odnosu na familiju Erpobdellidae je broj očiju koji je kod ove vrste šest.



Slika 1. *Barbronia weberi*; Ada Ciganlija Beograd, Srbija; a- habitus, b- položaj očiju, c- položaj gonopora (ap- aksesorna pora)

### Familija Erpobdellidae

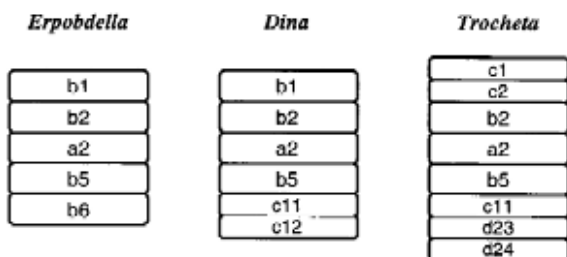
Familiju Erpobdellidae karakteriše prisustvo preatrijalnih petlji na semevodima (*vassa deferentia*), brojni testisi grupisani u grozdove, odsustvo faringealnih stileta na ždrelnim naborima i odsustvo postcefaličnih očiju (Sawyer, 1986). Broj očiju je osam, ali je često prisutna redukcija. Svi predstavnici su predatori u vodenim ekosistemima, ali se ponekad mogu naći i u vlažnom zemljištu. Ove pijavice uglavnom naseljavaju severnu hemisferu a najveći diverzitet je prisutan na području zapadnog Palearktika. Osnovne grupe kojima se hrane su Oligochaeta i Chironomida, a pored njih i

druge grupe akvatičnih makrobeskičmenjaka, kao što su mekušci, larve različitih grupa insekata, pljosnati crvi i dr.

U familiju Erpobdellidae su svrstani rodovi *Archeobdella* Grimm, 1876, *Croatobranchus* Kerovec, Kucinic & Jalzic, 1999, *Fadejewobdella* Lukin 1962, *Dina* Blanchard 1892, *Erpobdella* de Blainville, 1818 i *Trocheta* Dutrochet, 1817. *Archeobdella esmonti* je vrsta koja naseljava brakične vode u blizini ušća velikih reka u Crno, Kaspijsko i Azovsko more (Dunav, Don, Dnjepar, Dnjestar i Volga) *Fadejewobdella quinqueannulata* (Lukin, 1929), jedina vrsta iz ovog roda zabeležena je samo na području južne Ukrajine (severne pritoke Azovskog mora) (Nesemann i Neubert, 1999). Monotipski rod *Croatobranchus* sa jedinom vrstom *C. maestrovi* Kerovec, Kucinic & Jalzic, 1999 je endemit pećinskog sistema planine Velebit i odlikuje ga potpuna prilagođenost na pećinski način života kao i bočni izraštaji na telu i na glavenoj pijavci (Kerovec, Kucinic i Jalzic, 1999).

Preostala tri roda odlikuje veliki diverzitet vrsta i široko rasprostranjenje na području Palearktika (Sket i Trontelj, 2007).

Osnovna segmentacija svakog telesnog članka je podela na 5 anulusa po formuli  $b1+b2+a2+b5+b6$  (Slika 2). Dok je kod roda *Erpobdella* uvek prisutna homonomna segmentacija, kod rodova *Dina* i *Trocheta* dolazi do proširenja pojedinih anulusa i njihove dalje segmentacije na sekundarne, tercijarne i kvaternarne prstenove. Rod *Dina* karakteriše proširen prsten  $b6$ , koji se nekada deli na  $c11$  i  $c12$ . Stvar se dalje usložnjava kada je u pitanju rod *Trocheta*, dele se i članci  $b1(c1+c2)$ ,  $b2(c3+c4)$ ,  $b5(c9+c10)$ ,  $c11(d21+d22)$  i  $c12(d23+d24)$ .



Slika 2: Šematizovan prikaz segmentacije predstavnika familije Erpobdellidae; preuzeto iz Trontelj i Sket (2000)

### 1.3 Erpobdellidae na području Balkana

#### *Dina* R. Blanchard, 1892

U rod *Dina* svrstane su pijavice cilindričnog tela srednje veličine. Osnovna morfološka karakteristika roda je heteronomna segmentacija telesnih segmenata, odnosno prsten  $b6$  koji je proširen. Kod nekih predstavnika ovaj prsten je podeljen plitkom brazdom na dva jednaka prstena  $c11+c12$ . Polni otvori su smešteni na somitima XII-XIII a razdvojeni su sa 1,5 do 4 anulusa. Ovaj raznovrsni rod pijavica se deli na grupe sličnih vrsta među kojima se diverzitetom izdvaja *Dina lineata*- grupa (Nesemann i Neubert, 1999). Endemične vrste koje naseljavaju Ohridsko jezero svrstane su *Dina ohridana* grupu. Ove pijavice koje su nastale od zajedničkog pretka pokazuju značajnu morfološke razlike, dok su anatomske razlike među njima značajno manje. Genetički je ova grupa monofiletska i jasno odvojena od sestrinskih taksona (*D. lineata* i *D. latestriata*) (Trajanovski i sar., 2010).

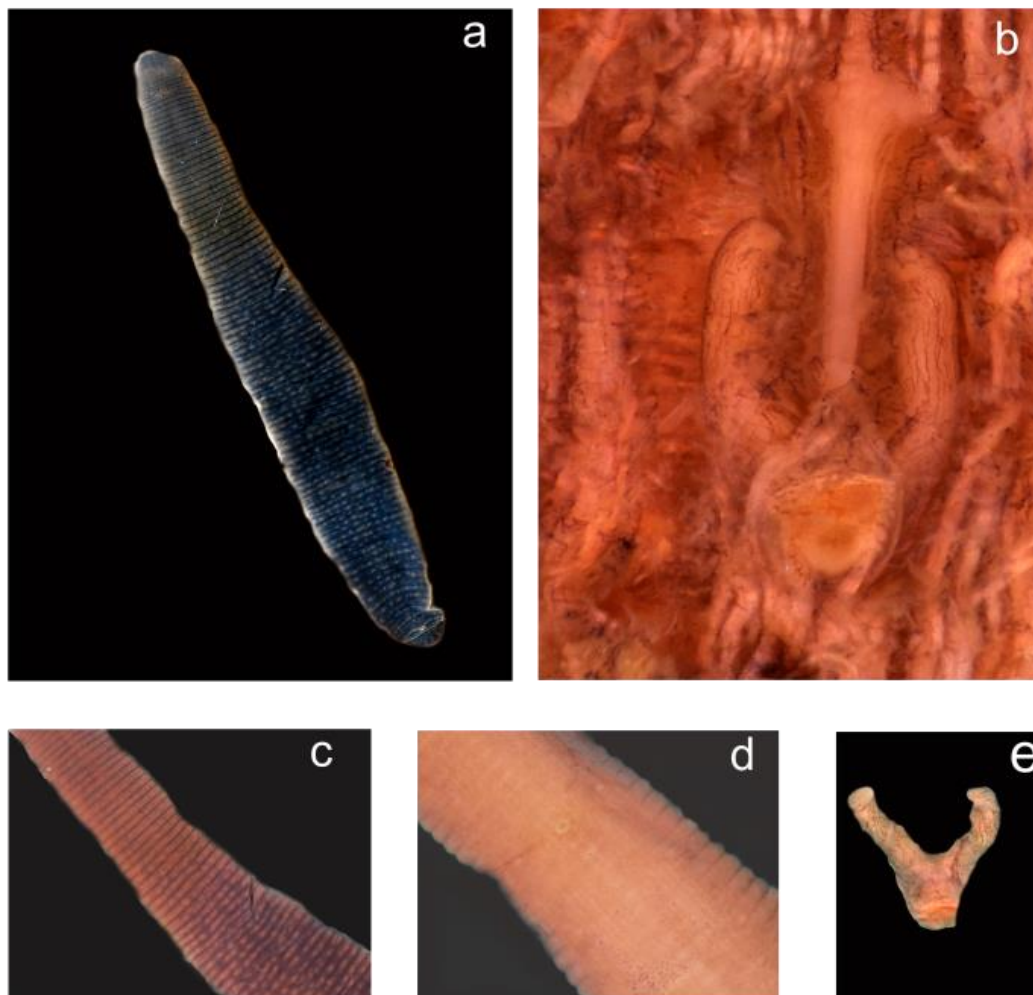
#### *Dina apathy* Gedroyc, 1916

Vrsta je opisana iz jezera Biale u Pojskoj. Telo pijavica je cilindrično, dužine do 90mm. Prednji deo tela nije sužen, dok je zadnji spljošten i poseduje tupe bočne kobilice (eng. keel). Anulacija je uobičajena za rod *Dina*. Anulus  $b6$  je proširen i blago podeljen na  $c11$  i  $c12$ . Muški

## Uvod

polni otvor se nalazi u brazdi b2/a2 a ženski u brazdi b5/c11 na XII segmentu. Pore su razdvojene sa 2 prstena. Atrijum je veliki sa kornuama koje nisu uvijene i protežu se od XII b1 do b5. Male do srednje pseudognate su prisutne u ždrelu. Leđna strana tela je tamna (crna) i na svakom prstenu (anulusu) se nalazi niz svetlih, žutih, tačaka. Zbog podele prstena b6 dolazi do dupliranja svakog petog niza u dva niza manjih tačkica. Trbušna strana tela je tamna, crvenkasto- braon obojena.

Vrsta naseljava ravničarske reke, potoke, jezera i močvare centralne i istočne Evrope, Poljske, Mađarske, Austrije, Rumunije i Ukrajine. (Opis prema Nesemann i Neubert, 1999)



Slika 3: *Dina apathy*; a- habitus; b i e- genitalni atrijum; c- dorzalna strana; d- ventralna strana (položaj gonopora)

### ***Dina lineata* (Müller, 1774)**

Vrsta *Dina lineata* obuhvata populacije sa velikom varijabilnošću i zbog toga je u okviru ove vrste opisano više podvrste. Pored tipske podvrste koja naseljava severnu i zapadnu Evropu na Balkanu su opisane tri podvrste. Polni otvori su razdvojeni sa 2 ili 2,5 anulusa. Muški polni otvor je najčešće smešten u brazdi b2/a2. Kod živih primeraka na dorzalnoj strani tela prisutan je jedan ili dva para paramedijalnih pruga.

***D. lineata lineata* (Müller, 1774)**

*Hirudo lineata* O. F. Müller, 1774

*Nepheleis quadristriata* Grube, 1850

*Nepheleis mexicana* Duges, 1876

*Nepheleis grandis* Apathy, 1888

*Nepheleis gallica* R. Blanchard, 1892

*Nepheleis quadristriata* R. Blanchard, 1894

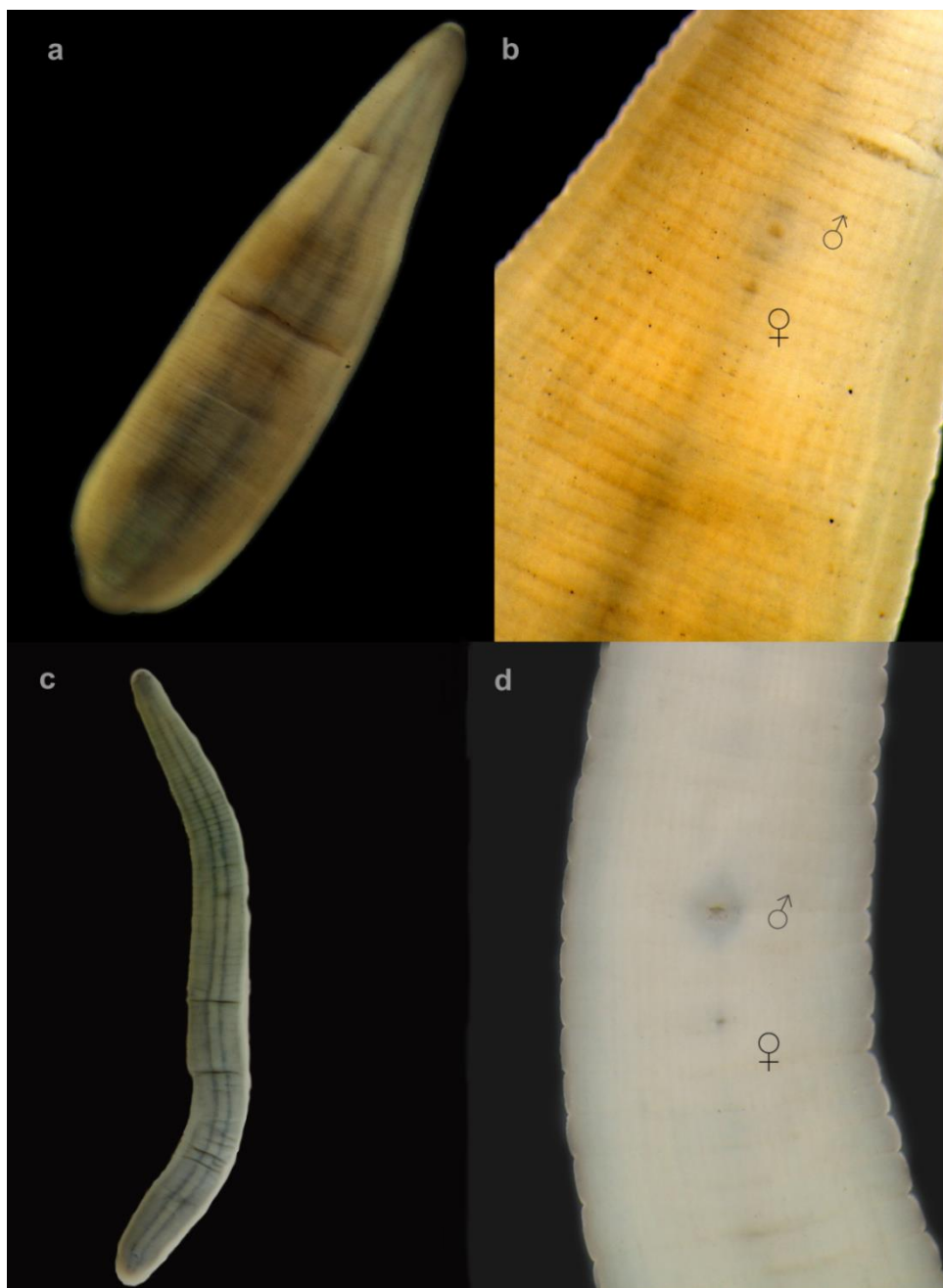
*Nepheleis bistriata*, Brandes 1900

*Herpobdella bistriata* Johannson, 1909

*Erpobdella lineata* Autrum, 1958

Pijavice cilindričnog tela čija se veličina kreće do 50mm. Prednji kraj tela je cilindričan dok zadnji poseduje bočne kobilice. Anulacija je pentaanulatna, prsten b6 je proširen i može biti podeljen na c11 i c12. Muški polni otvor se nalazi između prstena b2/a2 a ženski u brazdi između c11/c12. Ženski otvor se može pomeriti u kranijalnom pravcu pa se u tom slučaju nalazi u brazdi b5/c11. Dakle, polni otvori su razdvojeni sa dva ili dva i po prstena. Žive jedinke su obojene tamno braon i često su prisutna jedan ili dva para paramedijalnih pruga. Površina tela je glatka jer su brazde između prstena male. Ova vrsta je prvobitno zabeležena i opisana iz močvara Frederiksdala u Danskoj. Živi u plitkim, litoralnim delovima ravničarskih voda, koje odlikuje stajaća ili sporo tekuća voda. Ponekad se može naći i u distrofičnim vodama. Distribucija ove vrste obuhvata zapadni Palearktiki, od Španije do Turske. Ova vrsta se vezuje za zapadni Mediteran dok su populacije u centralnoj Evropi retke. (Opis prema Nesemann i Neubert, 1999)





Slika 4: *Dina lineata lineata*; a,b primerak iz reke Marice (Bugarska); c-d primerak iz Zapadne Morave (Srbija)



***D. lineata dinarica* Sket, 1968**

Anulacija ove podvrste je izraženija od tipske podvrste, a pored prstena b6 segmentacija se može pojaviti i na drugim anulusima. Muški polni otvor se nalazi između b2 i a2 a ženski je uvek u brazdi b5/c11 i uvek su razdvojeni sa 2 prstena. Paramedijalne pruge su često prisutne a telo je samo u retkim slučajevima jednobojno. Ova podvrsta predstavlja najčešći takson na području Dinarskog krasa od Slovenije na severozapadu, preko Hercegovine i Crne Gore do Severne Makedonije. Ova pijavica je opisana kao krenobiont, odnosno njeno tipično stanište su kraški izvori i početni delovi planinskih tekućica. (Opis prema Sket, 1968)



Slika 5: *Dina lineata dinarica*; a- dorzalno; b- ventralno; c- položaj gonopora; d- genitalni atrijum

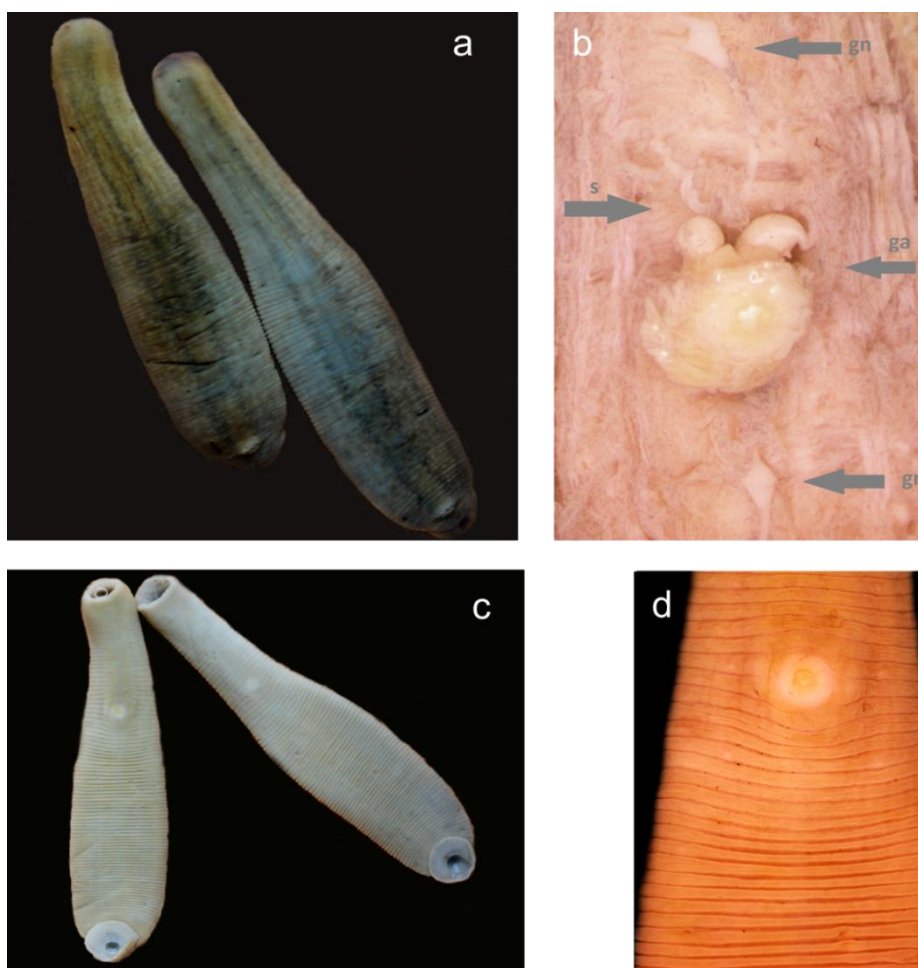
***Dina lineata montana* Sket, 1968**

Podvrsta koja naseljava visokoplaninske predele Crne Gore se razlikuje od drugih podvrsta po jako izduženim jajnicima koji se pružaju do telesnog segmenta XVI. Boja tela je tamna i samo je

jedan par tamnih pruga prisutan na leđnoj strani. Polni otvori su razdvojeni sa dva prstena, muški se nalazi u brazdi b1/b2 a ženski u b5/c11. (Opis prema Sket, 1968)

***Dina minuoculata* Grosser, Moritz & Pešić, 2007**

Vrsta je prvi put zabeležena u potoku na severu Crne Gore a zatim je i opisana od strane Grosser i sar., 2007 godine. Anulacija je tipična za rod *Dina*, prsten b6 je proširen i blago podeljen na c11 i c12. Ovo deljenje je nešto izraženije na dorzalnoj strani tela kod nekih jedinki. Polni otvori su razdvojeni sa dva prstena i smešteni u brazdama b2/a2 i b5/b6. Ovu vrstu karakteriše smanjenje veličine i broja očiju sa povećanjem starosne dobi životinje. Juvenilne jedinke poseduju osam očiju kao i većina Erpobdellidae-a. Smanjenje pigmentacije i potpuna redukcija očiju je prisutna kod svih starijih jedinki. Oči se nekada mogu razaznati kao nejasne mrlje. Veličina tela dostiže 60mm. Leđna strana tela je obojena tamno sivo a na sredini je prisutno svetlije polje koje se prostire uzdužno i uokvireno je paramedijalnim prugama. Telo je sa dorzalne strane prekriveno žućkastim tačkama koje su ujednačeno raspoređene, pa razbijaju konture paramedijalnih traka te one ne izgledaju kao jasne trake a i boja tela izgleda nešto svetlija. Prednji kraj tela je cilindričan, dok je zadnji spljošten i poseduje bočne kobilice. Zadnja pijavka je dobro razvijena i veličine je do polovine širine tela. Genitalni atrijum je karakterističnog oblika, telo je malo i spljošteno, a kornue su kratke, kompaktne, zgužvane na prednjem kraju i sa jasno izraženom bazom. Krajevi kornua su varijabilni i mogu se pružati pravo ili biti blago zaokrenuti. (Opis prema Grosser i sar., 2007)



Slika 6: *Dina minuoculata*; a- dorzalno; b- genitalni atrijum; gn- ganglija; ga- genitalni atrijum; s- semevod; c- ventralno; d- položaj genitalnih pora

**Erpobdella (L. 1758)**

Rod *Erpobdella* poseduje pentaanulatne telesne segmente, segmentacija je homonomna a svaki segment je podeljen na 5 prstenova iste širine. Pijavice imaju osam očiju. Tipična vrsta je *Erpobdella octoculata*.

***Erpobdella octoculata* (L. 1758)**

*Hirudo octoculata* Linnaeus, 1758  
*Hirudo vulgaris* O.F. Muller, 1774  
*Nephele octoculata* Moquin- Tandon, 1826  
*Nephele sexoculata* Schneider, 1883  
*Nephele scripturata* Schenider, 1885  
*Nephele atomaria* R. Blanchard, 1893  
*Nephele crassipunctata* Schneider, 1893  
*Nephele scripturata* R. Blanchard 1893  
*Nephele sexoculata* R. Blanchard 1893  
*Herpobdella octoculata* Johannson, 1910  
*Herpobdella octomaculata* Pawlowski, 1935

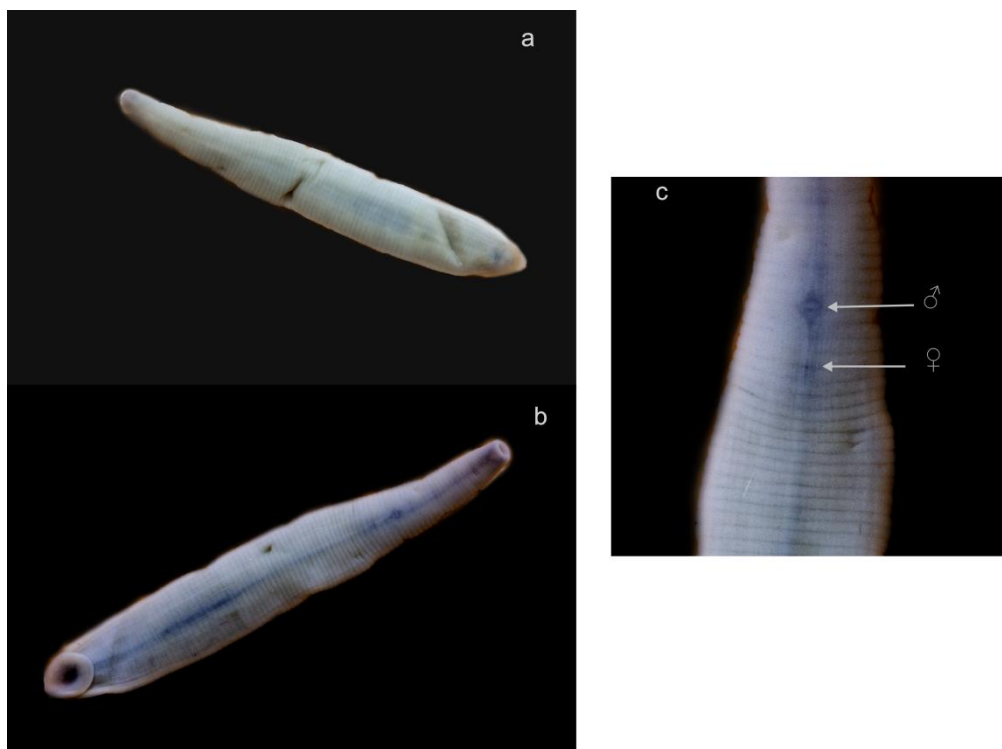
Ovu vrstu odlikuju pijavice sa spljoštenim telom, srednje do velike veličine, koje dostiže 30 do 70mm dužine. Kranijalna pijavka je mala a prednji ikraj tela je konusan. Klitelarni i postklitelarni region tela poseduje oštro izražene bočne kobilice. Kaudalna pijavka je nešto uža od najveće širine tela. Razmak genitalnih pora je najčešće 2,5 anulusa, retko 3. Otvor muškog polnog sistema je smešten na sredini b2 anulusa XII segmenta, ponekad u brazdi između b1 i b2. Položaj otvora ženskog polnog sistema je konstantan, i on se uvek nalazi u brazdi b5/b6 XII segmenta. Genitalni atrijum je relativno mali sa debelim kornuama koje su oštro uvijene. Kod živih jedinki boja tela je zelenkasto-žuta do crveno-braon, a kod konzerviranih jedinki je ona bledo siva. Obojenost leđne strane tela je varijabilna. Dorzalna strana tela je najčešće tamno obojena u vidu mreže tamnih polja, a na svakom anulusu se nalazi do 13 svetlih tačaka. Redukcija pigmentacije ili njen potpuni izostanak nisu retka pojava. Brojne papile su prisutne na leđnoj strani tela. Ova vrsta ima široko rasprostranjenje na području zapadnog Palearktika. To je najčešća erpobdelida u Evropi i jedna od najčešćih pijavica uopšte. Široko je rasprostranjena u zapadnoj i centralnoj Evropi. Nije zabeležena na Mediteranskim ostrvima i Iberijskom poluostrvu. Na Balkanu i u Grčkoj nije dovoljno proučena, a granice areala joj se prostiru do Anadolije i Kavkaza. (Opis prema Nesemann i Neubert, 1999)



Slika 7: *Erpobdella octoculata*; a- habitus dorzalno; b- ventralna strana; c- polni sistem

***Erpobdella testacea* (Savigny, 1822)***Hirudo vulgaris* var.  $\epsilon$  O.F. Muller, 1774*Nepheleis testacea* Savigny, 1822*Nepheleis testacea* Moquin- Tandon, 1826*Herpobdella testacea* R. Blanshard, 1984*Erpobdella testacea* Soós, 1966

Predstavnici ovih pijavica su male do srednje veličine, a telo dostiže najveću dužinu 40mm. Telo je blago spljošteno i oivičeno tupim bočnim kobilicama koje su nešto izraženije na kaudalnom kraju. Na prednjem kraju tela koji je šiljat nalazi se mala kranijalna pijavka. Pore genitalnog sistema su razdvojena sa četiri prstena. Muška genitalna pora je smeštena u brazdu b1/b2 na XII segmentu a ženska zauzima poziciju između segmenata XII i XIII odnosno anulusa b6 prvog i b1 narednog članka. Telo živih jedinki je obojeno od narandžaste do braon i nije providno. Ventralna strana je nešto svetlija od dorzalne. Par tamnih, slabo vidljivih pruga prisutan je kod nekih populacija. Ledna strana tela je pokrivena brojnim sitnim papilama. Ova vrsta naseljava Paleartik od Španije, Francuske, Velike Britanije centralne i istočne Evrope. Zabeležena je i na području severne Italije i Grčke. Kako se često dešava pogrešna identifikacija i mešanje ove vrste sa sličnom vrstom (*E. nigricollis*) pouzdani podaci o njenom rasprostranjenju nisu dostupni. Najčešće stanište ove vrste su jezera i sporotekući delovi reka do 600m nadmorske visine. (Opis prema Neemann i Neubert, 1999)

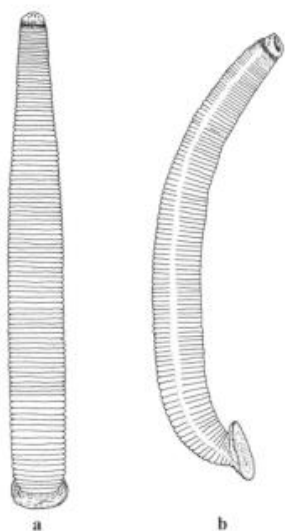


Slika 8: *Erpobdella testacea*; a- habitus dorzalno, b- ventralno, c- položaj gonopora

***Erpobdella nigricollis* (Brandes, 1900)***Nepheleis testacea* f. *nigricollis* Brandes, 1900*Herpobdella testacea* var. *nigricollis* Johansson, 1929*Erpobdella nigricollis* Soós, 1963

Telo ovih pijavica srednje veličine dostiže dužinu do 50mm. Oblik tela je cilindričan a glaveni region je zatupljen. Anulacija tela je tipična za rod *Erpobdella*, segmenti su podeljeni na šest prstenova jednake širine. Polni otvori su razmaknuti za četiri prstena, muški se nalazi u brazdi XII b1/b2 a ženski u brazdi XIIb6/XIIIb1. Kod nekih jedinki se ženski pomera na prsten b6 XII segmenta ili u brazdu b1/b2 XIII segmenta, pa su u tim slučajevima polni otvori razdvojeni sa 3,5

do 5 anulusa. Markantna karakteristika ove vrste je tamna traka oko „vrata“ koja se može videti kod živih primeraka. Ova struktura je nadždrelna ganglija koja se vidi kroz proziran telesni zid. Providnost nestaje kod konzerviranih primeraka pa je ova karakteristika teško uočljiva. Tipično stanište ove vrste je zona potamala velikih reka do nadmorske visine od 400m. Zabeležena je u centralnoj i jugoistočnoj Evropi, od istočne Francuske i Holandije, preko Finske, Nemačke, Poljske do severnih i istočnih delova Balkana (sliv Dunava). (Opis prema Neseemann i Neubert, 1999)



Slika 9: *Erpobdella nigricollis*; a- dorzalno, b- lateralno, preuzeto iz Neseemann i Neubert, 1999

### ***Erpobdella vilnensis* (Liskewitz, 1925)**

*Erpobdella atomaria* var. *monostriata* Gedroyc, 1916  
*Erpobdella octoculata* subsp. *vilnensis* Liskewicz, 1925  
*Erpobdella octoculata* f. *monostriata* Gedroyc, 1936  
*Erpobdella vilnensis* Liskewicz, 1934  
*Erpobdella octoculata* f. *monostriata* Gedroyc, 1937  
*Erpobdella monostriata* Gedroyc, 1948

Pijavice srednje veličine, dužina tela do 45mm u dužinu. Zadnji kraj tela poseduje dve zaobljene bočne kobilice, dok je prednji kraj blago konusan. Živi primerci su sa leđne strane tamno obojeni, od crvenkasto- braon do crno. Na leđnoj strani se nalazi i par tamnih uzdužnih pruga. Telo je prošarano poprečnim nizovima svetlih tačaka (8 do 21) koji se nalaze na svakom anulusu. Ventralna strana tela je svetlo obojena. Genitalne pore su razdvojene sa tri prstena, muška se nalazi u brazdi XII b1/b2 a ženska u XII b5/b5. Kod nekih jedinki ženski polni otvor je pomeren na sredinu b5 pa je u tom slučaju razmak 2,5 anulusa. Ova vrsta je prisutna u tekućim vodama od 400 do 1000m nadmorske visine. Velike reke nisu naseljene od strane ove pijavice. Granice njenog rasprostranjenja se prostiru od Francuske na zapadu do Rusije na istoku. Vrsta nije zabeležena u Skandinaviji, a najjužniji nalaz je u Severnoj Makedoniji. (Opis prema Neseemann i Neubert, 1999)





Slika 10: *Erpobdella vilnensis*; a- habitus; b- ventralna strana; c- položaj gonopora

### **Trocheta Dutrochet, 1817**

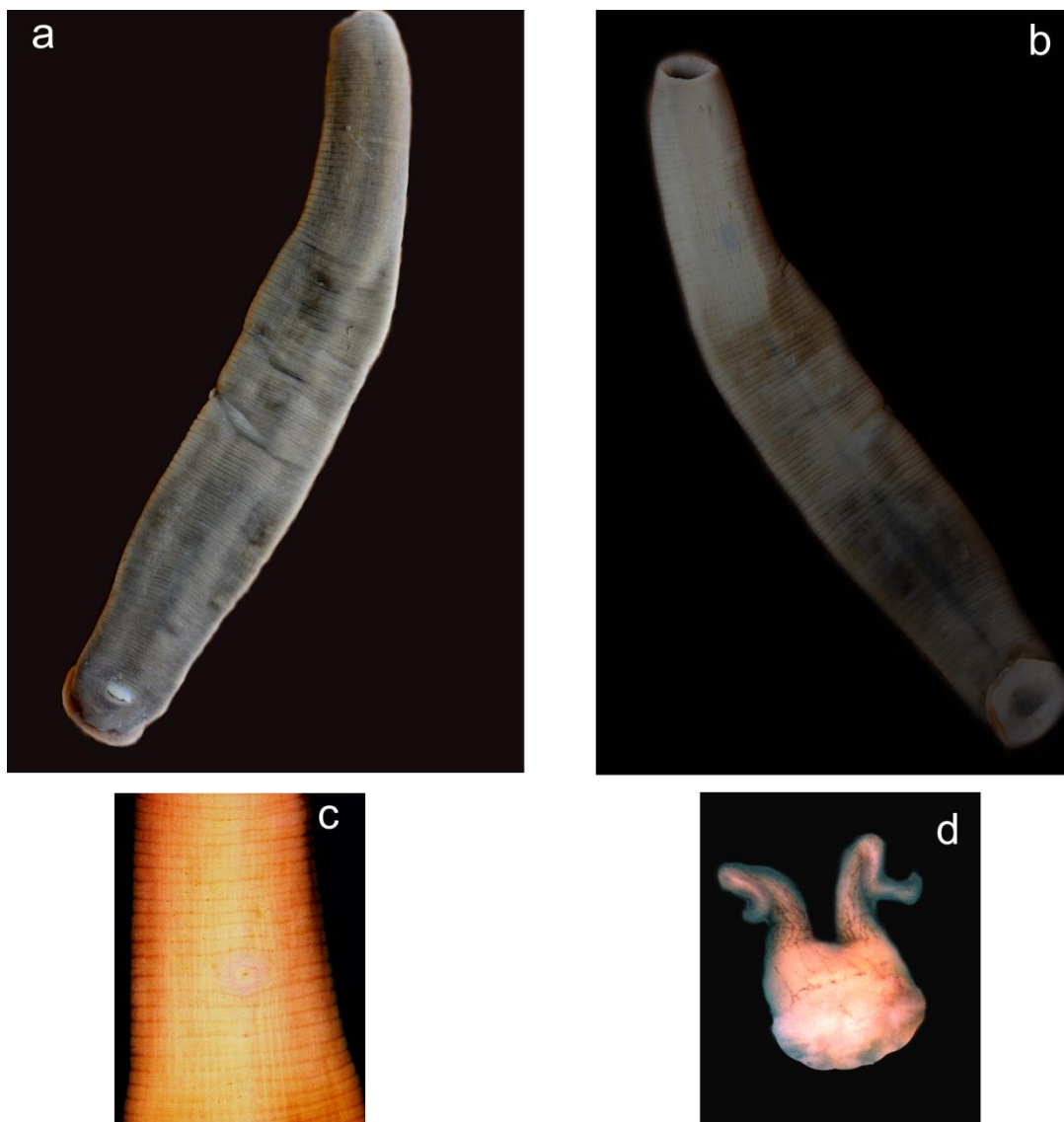
*Blanchardia* Gedroyc, 1916

Rod *Trocheta* se karakteriše somitima koji su heteronomno podeljeni na 6- 11 anulusa. Prsten b6 se uvek deli na c11 i c12 a prsten c12 dalje na d23 i d24. Preatrijalne petlje semevoda pružaju se do ganglije XI segmenta. Predstavnici naseljavaju zapadni Palearktiki.

### **Trocheta dalmatina Sket, 1968**

*Trocheta subviridis dalmatina* Sket, 1968

Predstavnici ove vrste koji naseljavaju uzak pojas Dalmatinske obale Jadranskog mora su opisani od strane Borisa Sketa kao podvrsta vrste *Trocheta subviridis*. Telesni segmenti ove vrste su podeljeni na anuluse c1, c2, b2, a2, b5, c11 i c12 (proširen). Kod ove vrste prsten c12 nikada nije podeljen na d23 i d24 što je slučaj kod *T. subviridis*. Muška gonopora je smeštena u brazdu između segmenata XI i XII ili u brazdi c2/b2 XII segmenta. Ženska gonopora je uvek u b5/c11 XII, što daje razmak polnih otvora od tri ili pet anulusa. Genitalni atrijum je veoma debeo a kornue su kratke i oštro uvijene. Boja leđnog dela tela se kreće od tamno maslinasto zelene do braonkaste, sa jednom medijalnom i dve paramarginalne pruge. Medijalna pruga može biti podeljena na dve uske pruge. Ova vrsta je nađena samo u potocima i izvorima na obali Jadranskog mora između Dubrovnika u Hrvatskoj do Kotora u Crnoj Gori.



Slika 11: *Trocheta dalmatina*; a-habitus; b- ventralna strana; c- položaj genitalnih pora; d- genitalni atrijum

## 1.4 Problematika grupe

Segmentacija i do današnjih dana ostaje glavni karakter za razlikovanje rodova, i pored nalaza Perret-a (1952) koji je, analizirajući materijal iz severne Afrike, uočio individue za koje nije mogao da tvrdi da li pripadaju rodu *Dina* ili *Trocheta*. Naime, klitelarni deo tela odlikuje anulacija tipična za rod *Dina*, dok je na zadnjem delu tela tipična za rod *Trocheta*. Pored variranja morfoloških karaktera između različitih rodova, segmentacija je zavisna i od uzrasta jedinke koja se posmatra. Mlade jedinke rodova *Dina* i *Trocheta* mogu ličiti na *Erpobdella*. Nepouzdanost spoljašnjih karaktera naterala je istraživače da se okrenu drugim, anatomskim, karakteristikama radi pouzdanije identifikacije. Polazeći od činjenice da je građa polnog sistema pouzdan karakter kod većine životinjskih vrsta, Moore (1912) i Pawlowski (1948) načinili prve korake u daljem proučavanju erpobdelida tako što su detaljno opisivali građu polnog sistema, konkretnije genitalnog atrijuma muškog polnog sistema, testisa i građe jajnika različitih vrsta. Ta prva istraživanja pokazala su da su

ovi karakteri dosta pouzdani za populacije koje naseljavaju severnu Evropu. Sket (1968) iznosi primedbu da mnogi istraživači smatraju da su anatomske karakteristike slabo varijabilne unutar vrsta i zbog toga često izostavljaju geografske odrednice uz svoje opise. U svojim istraživanjima (na prostoru bivše SFRJ) uočio je veliku, ali pravilnu varijabilnost kod vrste *Trocheta bykowskii* i naglasio je neophodnost pristupa sa geografskog aspekta, pored morfoanatomskog pristupa. Ipak, čest slučaj da se vrste koje žive na bliskom ili istom području značajnije razlikuju, u velikoj meri olakšava determinaciju.

Kako bi potkrepio svoj pristup, Sket navodi više primera, gde se tek posmatranjem sa zoogeografskog aspekta određene populacije svrstavaju u različite vrste umesto kao dve podvrste iste vrste (*T. bykowskii*- *T. subviridis* na prostoru V. Britanije, *E. monostriata* (syn. *E. vilnenis*) - *E. octoculata* u Sloveniji).

Prema mišljenju nekih autora problemi u sistematici i taksonomiji ove grupe nastali su još u pionirskim danima opisivanja kada je Blanchard 1892. godine opisao rod *Dina* i odvojio ga od roda *Erpobdella* bez prave osnove (Moore 1912, Pawlowski 1955, Sawyer 1986). Oni smatraju da podeljeni prsten b6 nije dovoljno jasan karakter, jer se kod nekih populacija ovaj prsten ne deli na c11 i c12 već je samo blago proširen. Dalji problemi javljaju se kod roda *Trocheta*, naime kod nekih jedinki anulacija ne prati pravilo, pa se tako prsten b6 deli na tri manja prstena, a nekad na jedva vidljiva dva (c11+c12). Zbog svega ovoga Sket ostavlja mogućnost da je rod *Trocheta* polifiletska grupa. Harding i Moore (1927) i Pawlowski (1955) predlažu formulu za rod *Trocheta* c1+c2+b2+a2+b5+d21+d22+c12. Mann (1952, 1959) tvrdi da deljenje poslednjeg prstena ne obuhvata c11 već c12 i predlaže formulu c1+c2+b2+a2+b5+c11+d23+d24. Kada se posmatraju populacije sa područja nekadašnje SFRJ dolazi se do zaključka da su obe formule prihvatljivije, jer se deljenje ne dešava uvek po istom obrascu i redosledu (Sket 1968).

Filogenetski odnosi između rodova *Erpobdella*, *Dina* i *Trocheta* nisu najjasniji. Prema filogenetskim analizama koje se rukovode morfološkim karakteristikama rod *Erpobdella*, sa svojom homonomnom segmentacijom, je odvojen od druga dva roda, koji su svrstani u posebnu podfamiliju Trochetinae (Pawlowski, 1968; Nesemann, 1993). Molekularno genetičke analize, koje često pomognu u razrešavanju srodničkih odnosa, su u slučaju ovih pijavica dodatno zakomplikovale situaciju. Istraživanje koje su sproveli Trontelj i Sket (2000) pokazalo je da su neke vrste iz roda *Trocheta* filogenetski bliže pripadnicima roda *Dina*. Istraživanje na nekoliko genskih lokusa, kako jedarnih tako i mitohondrijalnih, pokazalo je da *Trocheta bykovski krasense*, iako ima tipičnu segmentaciju kao *Trocheta*, treba biti svrstana u rod *Dina* i predložili novo ime *D. krasense*. Istraživanje je pokazalo daleko veću srodnost sa vrstama *D. punctata* i *D. lineata*, nego sa *T. bykowskii* i *T. dalmatina*. Oni zaključuju da podfamilija Trochetinae nije monofiletska, da tradicionalna podela nije osnovana i naglašavaju da je neophodna temeljna genetička analiza kako bi se ovi odnosi u potpunosti razjasnili. Za rod *Erpobdella* na području Evrope je jasno da je filogenetski homogena grupa, a za rodove *Dina* i *Trocheta* iznose pretpostavku da je heteronomna segmentacija nastala nezavisno, ili da je pleziomorfan karakter koji se kod roda *Erpobdella* gubi usled pedomorfoze (Sket i Trontelj 2000).

Siddall u svojoj publikaciji iz 2002. godine, „Phylogeny of the leech family Erpobdellidae (Hirudinida: Oligochaeta)“ odlazi korak dalje i predlaže da se sve vrste familije Erpobdellidae svrstaju u jedan rod *Erpobdella*, dok se ne izvrši revizija cele grupe. On je analizirao, pored tradicionalno korišćene segmentacije i broj očiju, prisustvo/ odsustvo preatrijalnih petlji i oblik jajnika, i sve to uporedio sa genskim sekvencama COI i 12S rDNK vrsta iz podreda Erpobdelliformes. U analizu su uključeni kako rodovi sa Palearktičkim rasprostranjenjem, tako i oni Nearktički (*Mooreobdella*). Ovaj predlog nije široko prihvaćen zbog velikog bogatstva vrsta Erpobdellidae koje bi u ovom slučaju bile svrstane u jedan rod, a koje ne bi činile monofiletsku grupu i čiji filogenetski odnosi nisu razjašnjeni.

Problematikom familije Erpobdellidae se bavio i Grosser i sar. (2008, 2011a, 2015, 2019). Upoređivao je jedinice iz različitih populacija vrste *Dina pseudotrocheta* koje pokazuju značajnu razliku u anulaciji. Dok jedne imaju tipičnu anulaciju za rod *Dina* sa proširenim prstenom b6, druge imaju podeljene prstenove b1 i b6 na 4 manja i zbog toga jako podsećaju na predstavnike roda



*Trocheta*. On tvrdi da se ove vrste mogu jasno razlikovati samo na osnovu građe polnog sistema, a da je spoljašnja morfologija nepouzdana. Pored ovog problema, tu je i problem opisivanja istih vrsta pod različitim imenima (*T. cylindrica* i *T. bykowskii*). Različiti autori su opisivali vrste iz roda *Trocheta* sa područja Mađarske, Poljske i Ukrajine, ovim pijavicama je prvobitno dodeljeno ime *Trocheta cylindrica* (Örley, 1886), ali ono odlazi u zaborav da bi se ime *T. bykowskii* Gedroyć (1913) koristilo sve dok Košel (2004) nije razrešio dilemu. Utvrdio je da pijavice koje naseljavaju istočne Karpate (Ukrajina), a koje su opisane od strane Nesemann i Neubert (1999) kao *Trocheta* sp., ne pripadaju taksonu *T. cylindrica* i dao mu novo ime *T. longiatriata*. Kasnije Grosser i Epshtein (2009) i Grosser (2015) porede primerke dobijene iz Srbije sa opisom datim od strane Košela i Nesemann i Neubert-a, i predlažu promenu imena *T. longiatriata* u *T. danastrica* (Stschegolew, 1938) jer su karakteristike ovih pijavica u skladu sa opisom datim od strane Stschegolew-a (1938) koji ju je opisao kao *T. subviridis* forma *danastrica*.

Nepostojani taksonomski karakteri su stvarali probleme u klasifikaciji Evropskih erpobdelida koja je često trpela promene (Soós, 1966; Lukin, 1976; Trontelj i Sket, 2000; Siddall, 2002). Bez obzira kako se podred Erpobdelliformes klasifikovao, koju taksonomsku kategoriju zauzima, konsenzus je postojao jedino oko postojanja preatrijalnih petlji kod evropskih predstavnika, a koje izostaju kod predstavnika koje naseljavaju Severnoamerički kontinent. Kako su „istine“ u nauci uvek podložne preispitivanju, i ova podela erpobdelida na osnovu prisustva ili odsustva preatrijalnih petlji se pokazala kao ne potpuno ispravna. Jueg i Grosser (2017) su opisali novi rod i vrstu koja naseljava Andaluziju na Iberijskom poluostrvu. *Erpobdellopsis graacki* n. sp. Jueg & Grosser, 2017 ne poseduje preatrijalne petlje semenih kanalića, dok ga ostale morfološke karakteristike svrstavaju u familiju Erpobdellidae. Odlikuje ga prisustvo dva para labijalnih očiju (ukupno osam) i homonomna segmentacija kao kod roda *Erpobdella*. Sve ovo otvara nova pitanja o filogenetskim odnosima evropskih predstavnika i predstavnika sa područja Severne Amerike, kao i o evolutivnoj istoriji grupe.

Nepouzdana identifikacija od strane istraživača koji nedovoljno poznaju grupu je samo još jedan u nizu problema koji otežavaju proučavanje ove grupe životinja (Koperski 2006, Košel 2014, van Haaren i sar. 2004).

## 1.5 Područje istraživanja

Balkansko poluostrvo (Balkan) predstavlja prostor oivičen rekama Dunavom, Savom i Krupom na severu, na zapadu Jadranskim i Jonskim morem, na jugu Sredozemnim morem, a na istoku i jugoistoku Crnim, Mramornim i Egejskim morem. Na severu ovaj prostor definišu plavne doline Save i Dunava i donji delovi tokova njihovih velikih pritoka, Bosne, Une, Sane, Drine, Kolubare i Velike Morave. Ove doline su spojene sa Panonskom nizijom preko koje je Balkan dalje povezan sa nizijama Centralne Evrope. Planinski masivi Dinarskih Alpa (Dinaridi) dominiraju na zapadu i jugozapadu, zauzimajući prostor od Slovenije preko Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore sve do Republike Severne Makedonije. Ovo mlado Evropsko kopno izgrađeno od krečnjačkih stena nastalo je tokom Alpske orogeneze, a karakterišu ga kraški oblici reljefa, brojne pećine, izvori, ponornice i kraška polja. Značajni planinski masivi koji pripadaju ovom sistemu su Durmitor, Maglić, Zelengora, Komovi, Prokletije i Šar planina. Rodopsko karpatsko kopno zauzima centralni deo Balkanskog poluostrva a iz njega se uzdižu masivi Stare planine i Rile sa najvišim vrhom Balkana, Musalom 2925 mnv. Između planinskih masiva teku brojne reke koje otiču u tri morska sliva, Jadranski, Egejski i Crnomorski. Najdominantniji je svakako Crnomorski sliv koga čini Dunav i njegove pritoke, Sava, Velika Morava, Timok. Reka Sava najveća pritoka Dunava po protoku vode, koja sa njim čini severnu granicu područja teče od Slovenije do Srbije. Njene desne pritoke Una, Sana, Bosna i Drina (nastaje spajanjem Pive i Tare), odvođe vodu sa prostora Dinarskih Alpa (Milačić i sar., 2014). Velika Morava nastaje spajanjem Zapadne i Južne Morave, koje sa svojim većim pritokama, Ibrom, Rasinom, Moravicom i Nišavom, odvođe vodu sa velikog dela površine Srbije u Dunav. Iz južnih delova ovog prostora vodu odvođa reka Vardar u

Egejsko more. Značajna pritoka Vardara je reka Struma. Na ovom delu Balkana nalazi se Ohridsko jezero, najveći rezervoar slatke vode u Evropi i nešto manje Prespansko jezero. Ohridsko jezero se napaja vodom sa planinskog masiva Galičica, a iz njega ističe reka Crni Drim koja teče prvo na sever a zatim se spaja sa Belim Drimom, skreće na zapad i svoje vode nosi u Jadransko more. Jadranskom slivu, takođe, pripadaju reke koje se ulivaju u Skadarsko jezero, a iz njega otiču kao reka Bojana i ulivaju se u Jadransko more. Značajni vodotoci ovog sliva, svakako su Morača, Zeta i Rijeka Crnojevića. Basen Skadarskog jezera karakterišu brojni kraški izvori.

Sa biološkog aspekta izvori predstavljaju prelazni ekosistem (ekoton), sistem koji spaja podzemne i nadzemne ekosisteme. Izvore karakteriše visok diverzitet faune i često prisustvo endemičnih vrsta (Pešić i sar. 2016). Kraški izvori Dinarskog područja u prošlosti nisu bili proučeni u dovoljnoj meri, ali se slika menja u prethodnim godinama kada su sprovedena brojna istraživanja i objavljene brojne publikacije o fauni ovih vodenih staništa (Dmitrović i sar. 2016; Pešić i sar. 2016, 2017, 2019; Savić i sar. 2017; Von Fumetti i sar. 2017).

Klima Balkanskog poluostrva je u većoj meri definisana reljefom nego geografskom pozicijom. Iako se nalazi u blizini Sredozemnog mora, mediteranska klima je zastupljena samo u uskoj zoni uz Jadransku obalu i na obalama Egejskog mora (Grčka). Prodor mediteranske klime dublje u kopno je sprečen planinskim masivima. Region je pod klimatskim uticajem centralne Evrope preko Panonskog basena. Istočni delovi poluostrva su pod uticajem Crnog mora. (Stanković, 1962). Posledica svega ovoga je veliki broj zona sa različitim klimatskim karakteristikama.

Pojam zapadni Balkan podrazumeva političko-geografsku odrednicu koja obuhvata države koje su nastale na prostoru nekadašnje Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije bez Republike Slovenije, kojima je pridodata Republika Albanija (Hajdú, 2007). Ovo istraživanje nije uključilo teritoriju Republike Albanije, ali je uključilo zapadne delove Republike Bugarske.

## 1.6 Istorijat istraživanja

Iako je istorija istraživanja pijavica na prostoru Balkana relativno duga, mali je broj idioekoloških i taksonomskih publikacija vezanih za ovu grupu. Najranije publikacije, u prvoj polovini XX veka objavili su Blanchard i Augener. Blanchard je 1905. objavio listu pijavica Crne gore, a Augener (1925, 1926 i 1937) piše o pijavicama Balkanskog poluostrva. Nešto kasnije i Remy piše o pijavicama Balkana (1934, 1937, 1953).

Nakon ovih pionirskih koraka, prva ozbiljna, sveobuhvatna publikacija koja se bavi pijavicama na ovom prostoru, je „K poznavanju faune pijavk (Hirudinea) Jugoslavije“ (Sket, 1968). Šapkarev se u svojim istraživanjima pretežno bavio faunom Makedonije i posebno faunom Ohridskog jezera (1963, 1964a, 1964b, 1970) ali je napravio i katalog pijavica Crne Gore (1984) i objavio nove podatke o fauni pijavica Bosne i Hercegovine (1978).

Ova dva autora su publikovali niz članaka koji se tiču pijavica Ohridskog jezera i postavili osnove za istraživanje endemične faune pijavica ovog reliktnog jezera (Sket, 1981, 1989; Šapkarev, 1990; Sket i Šapkarev, 1992).

U većini istraživanja pijavice su istraživane sa aspekta cele zajednice akvatičnih makrobescičmenjaka i nije im posvećena posebna pažnja. Krajem 20. i početkom 21. veka povećava se broj istraživanja i broj publikacija posvećenih ovoj grupi. Opisano je više endemičnih taksona, kao što su *Dina minuoculata* Grosser, Moritz & Pešić, 2007, *D. prokletijaca* Grosser & Pešić 2016, *D. sketi* Grosser & Pešić, 2014, *Glossiphonia balcanica* Grosser & Pešić 2016 i *Croatobranhus maestrovi* Grosser & Pešić 2016, sačinjene su i liste pijavica Srbije i Crne gore, a takođe su neke vrste prvi put zabeležene na ovom prostoru (*T. haskonis*) (Sket i sar., 2001; Grosser i sar., 2005, 2007, 2013, 2014a, 2014b, 2015, 2016, 2018; Utevski i sar., 2013; Živić i sar., 2017).

Kada se govori o Balkanskom poluostrvu i njegovoj slatkovodnoj fauni treba istaći da je ovo područje bilo refugijum tokom Pleistocena i da se odlikuje velikim stepenom diverziteta i endemizma u poređenju sa centralnom ili severnom Evropom (Matvejev i Puncer, 1989; Savić,

2008). Ovde svakako moramo pomenuti Ohridsko jezero, najveći rezervoar slatke vode u Evropi. Ovo staro i duboko oligotrofno jezero je ekosistem koji se odlikuje velikim brojem endemičnih vrsta. Možda najpoznatija među njima jeste Ohridska pastrmka, a pored nje tu je veliki broj vrsta beskičmenjaka. Ni pijavice nisu izuzetak, kompleks vrsta *Dina ohridana*\* obuhvata oko deset vrsta, a novim istraživanjima ovaj broj se uvećava (Trajanovski i sar. 2010).

## Ciljevi

Analiza pijavica iz podreda Erpobdelliformes na području zapadnog Balkana realizovana je sa sledećim postavljenim ciljevima:

- Utvrđivanje faunističkog sastava vrsta ovih slatkovodnih pijavica na području zapadnog Balkana na osnovu novijih istraživanja i materijala iz prethodnog perioda,
- taksonomska analiza pijavica zasnovana na morfološkim i anatomskim karakterima,
- primena molekularnih metoda u taksonomiji pijavica,
- filogenetski odnosi zabeleženih vrsta unutra podreda Erpobdelliformes,
- kvalitativna analiza, sastav i distribucija pijavica kao komponente bentosnih zajednica istraživanog područja,
- razmatranje zoogeografskih osobina zabeleženih zajednica slatkovodnih pijavica,
- analiza zavisnosti zajednice pijavica od izabranih karakteristika vodenog ekosistema i
- bioindikatorska uloga pijavica u slatkovodnim ekosistemima

## **2. Materijal i metode**

## 2.1 Područje istraživanja

U cilju procene ukupnog sastava i distribucije vrsta iz podreda Erpobdelliformes, 261 istraživanih lokaliteta je grupisani u tri sliva: crnomorski, egejski i jadranski sliv. Prilikom terenskih istraživanja beleženi su osnovni podaci o hidromorfološki karakteristikama lokaliteta. GPS uređajem je utvrđivana pozicija istraživanog lokaliteta, geografska širina i dužina i nadmorska visina. Pored ovih podataka, beležene su i karakteristike svakog lokaliteta: veličina vodnog tela, brzina toka i sastav (granulacija) materijala koji prekriva dno. U cilju preciznije analize distribucije najčešćih vrsta podreda Erpobdelliformes lokaliteti su svrstavani u odgovarajući tip vodnog tela. Vodna tela su podeljena u šest tipova, a kao osnova za definisanje tipova korišćena je modifikovana nacionalna legislativa za tipologiju vodnih tela Republike Srbije „Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda“ (Sl. Glasnik 72/2011). Akumulacije, jezera, bare, i druge stajaće vode su svrstane u tip 1 (T1); velike ravničarske reke Dunav, donji deo toka Save i Vardar su svrstani u tip 2 (T2); donji delovi toka Bosne, Sane, Une, Drine, Zapadne Morave, Južne Morave, Kolubare i drugih pritoka velikih ravničarskih reka su svrstani u tip 3 (T3); mali i srednji vodotoci (eng. wadeable)\*<sup>1</sup> do nadmorske visine od 500m su svrstani u tip 4 (T4) dok su oni koji se nalaze na visinama iznad 500m nadmorske visine, svrstani u tip 5 (T5); mala vodna tela, izvori, izvorišne zone potoka i planinskih reka pripala su tipu 6(T6). Osnovne karakteristike (brzina toka i sastav dna) ovih tipova vodnih tela prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1: Tipovi vodnih tela i njihove glavne karakteristike, brzina toka i sastav dna

Tip vodnog tela	Vodna tela	Brzina toka	Sastav supstrata
T1	jezera, bare i akumulacije	stajaće vode → spor protok	veoma fin sediment (mulj, glina i pesak)
T2	donji tokovi velikih ravničarskih reka	spor protok	veoma fin sediment (mulj, glina i pesak)
T3	donji delovi pritoka velikih ravničarskih reka	spor protok → srednji protok	sediment fine do srednje granulacije (mulj pesak i šljunak)
T4	male i srednje (wadeable) reke do 500 mnv	srednji protok	čvrst supstrat krupne granulacije (šljunak i kamenje)
T5	male i srednje (wadeable) reke iznad 500 mnv	srednji protok → brz protok	čvrst supstrat krupne granulacije (šljunak, kamenje i stene)
T6	mešavina malih vodnih tela, uključujući potoke i izvore	brz protok	čvrst supstrat krupne granulacije (šljunak, kamenje i stene)

Ova studija je uključila značajan broj specifičnih staništa kao što su kraški izvori sa ciljem da se prouče zajednice pijavica i uticaj sredinskih faktora na njihovu diferencijaciju i diverzitet.

\*vode koje se mogu pregaziti

Ukupno 82 istražena izvora svrstana su u pet tipova: pećinski izvori, sublakustrični, limnokreni, reo-limnokreni i reokreni tip. Tradicionalna podela izvora prema ekomorfološkim karakteristikama deli ih u dve kategorije, reokrene izvore koji se pojavljuju na površini i otiču u vidu potoka, i limnokrene koji iz zemlje ispunjavaju jedan ili više bazena (Springer i Stevens, 2009). Pored ovih tradicionalnih kategorija korišćena su dodatna tri ekomorfološka tipa (prema Di Sabatino i sar. 2003), reo-limnokreni izvori sa karakteristikama oba gorepomenuta tipa, pećinski izvori, i sublakustrični izvori. Sublakustrični izvori su podvodne depresije čije se dno prostire duboko ispod dna jezera (Barović i sar., 2018). Jedan broj ovih izvora je modifikovan kako bi se prilagodio za ljudsku upotrebu ili su napravljena pojila za stoku. Ovaj deo istraživanja je obuhvatio izvore na jugu od basena Skadarskog jezera do kanjona reke Tare na severu Crne Gore. Temperatura vode i kiselost (pH) su merene terenskim pH- metrom (HI 98127, preciznost 0,1). Sredinske varijable koje su beležene za svaki izvor podrazumevale su udeo različitih frakcija u sastavu dna kao i njegova pokrivenost vodenom vegetacijom prema Von Fumeti i sar. (2006). Frakcije podloge su podeljene u šest kategorija prema veličini, stena (ROC), kamen (STO), šljunak (GRA), pesak (SAN), glina (CLA), mulj (ANM). Akvatična vegetacija podeljena je u tri kategorije, alge (ALG), mahovine (MOS) i makrofite (MCP). Svim kategorijama, kako tipa podloge, tako i vodene vegetacije, data je ocena od 0 do 4 na osnovu procentualne zastupljenosti prema obrascu: 0 (0%), 1 (1-25%), 2 (26-50%), 3 (51-75%) i 4 (76%100%). Prisustvo, odnosno odsustvo modifikacija, od strane čoveka, na ovim izvorima je ocenjivano sa ocenama 1 ukoliko je stanje prirodno odnosno 2 ukoliko su promene prisutne (Prilog 2-5).

## 2.2 Prikupljanje i konzervacija biološkog materijala

Materijal za ovo istraživanje je prikupljen u periodu od 2009. do 2019. godine. Pijavice su prikupljane bentološkom ručnom mrežom promera okaca 500  $\mu\text{m}$ . Pored sakupljanja ručnom mrežom, jedinke su sakupljane i pincetom sa tvrdih površina kao što je površina kamena, oborena debela, plovila, površina vodenih biljaka, kao i sa delova kopnenih biljaka koji su se nalazili u vodi.

Jedinke su prvo anestetizirane u 10% rastvoru etil- alkohola, a zatim prebačene u sud ispunjen alkoholom u finalnoj koncentraciji 70%. Ovakav postupak je sproveden kako bi se izbegla prirodna odlika pijavica da se kontrahuju ukoliko se izlože jakom reagensu kao što je etil- alkohol u visokoj koncentraciji. Kontrahovanje značajno otežava manipulisanje i identifikaciju sakupljenog materijala. Ovako sakupljen materijal je transportovan u laboratoriju Odeljenja za hidroekologiju i zaštitu voda Instituta za Biološka istraživanja „Siniša Stanković“- Instituta od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerziteta u Beogradu, radi dalje obrade.

Priprema pijavica za analizu spoljašnjih (morfoloških) i unutrašnjih (anatomskih) odlika odvija se u nekoliko koraka. Prvo je potrebno ispravljenu pijavicu postaviti dorzalnom stranom prema dole, zatim telo pričvrstiti čiodama za glavenu i repnu pijavku. To omogućava lako manipulisanje životinjom i olakšava njenu disekciju. Za posmatranje unutrašnje građe, potrebno je pažljivo ukloniti kožu na ventralnoj strani, a nakon toga i vezivno tkivo. Ovaj postupak ostavlja slobodan, jasno vidljiv, reproduktivni sistem, čija građa je važan taksonomski karakter koji se koristi za razlikovanje sličnih vrsta (Slika12).



Slika 12: Izgled disekovane pijavice

Za proučavanje morfoloških i anatomskih odlika sakupljenih životinja kao i za njihovo fotografisanje korišćene su binokularne lupe Nikon SMZ800N (uveličanja 10-80x) sa kamerom Nikon DS-Fi2, Zeiss Stemi 2000-C (uveličanja 6.5-50x) sa kamerom AxioCam ERc 5s i fotoaparati Panasonic Lumix fz-28 i Nikon D7100.

Identifikacija pijavica rađena je prema Nesemann i Neubert (1999) i Grosser i sar. (2007, 2016).

## 2.3 Statističke metode

### Metode za analizu horološko-ekološke diferencijacije vrsta

Aktuelna distribucija pojedinih vrsta je dobijena mapiranjem lokaliteta na kojim su te vrste zabeležene. Horološke analize obuhvatile su istraživanja aktuelne i potencijalne (modelovane) distribucije pojedinih vrsta. Potencijalna distribucija vrsta je detektovana metodom maksimalne entropije (Philips i sar., 2006; Philips i Dudik 2008; Elith i sar., 2011).

Pretpostavimo da su  $p_1, p_2, \dots, p_n$  verovatnoće  $n$  stohastičkih događaja. U slučaju bacanja kocke, moguće je dobiti  $n=6$  različitih stohastičkih rezultata. Shannon (1948) je dokazao da se najtačnija (najverodostojnija) distribucija verovatnoća dobije ukoliko je entropija

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

maksimizovana (ukoliko je  $p_1 = p_2 = \dots = p_n$ ). U slučaju bacanja kocke,  $p_1 = p_2 = \dots = p_6 = 1/6$ . Princip maksimalne entropije može se iskoristiti, kako bi se dobila najrealnija distribucija vrste u odnosu na gradijente sredinskih faktora.

Pretpostavimo da su  $x_1, x_2, \dots, x_n$  vrednosti sredinske promenljive  $x$  (recimo temperature) u  $N$  analiziranih staništa. Neka je  $f_1$  apsolutna frekvencija (broj lokaliteta) u kojima je zabeležena temperatura  $x_1$ . Pretpostavimo dalje da su  $f_2, f_3, \dots, f_n$  **apsolutne frekvence** staništa čije su temperature  $x_2, x_3, \dots, x_n$ . Očigledno,  $N = f_1 + f_2 + \dots + f_n$ . Srednja vrednost temperature na istraživanom području je

$$\bar{x} = \frac{f_1 x_1 + f_2 x_2 + \dots + f_n x_n}{N}$$

odnosno

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i f'_i$$

gde  $f'_i = \frac{f_i}{N}$  predstavlja **relativnu frekvencu** staništa u kojima je temperatura  $x_i$ . Ukoliko  $N \rightarrow \infty$ , tada relativna frekvencija odgovara konceptu verovatnoće određenog događaja ( $p_i$ ):

$$f'_i = \frac{f_i}{N} = p_i,$$

pa se može zaključiti da je srednja temperatura staništa u kojima se nalazi određena vrsta

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i p_i$$

Ukoliko želi da se nađe najrealnija distribucija date vrste u odnosu na temperaturni gradijent, onda se maksimizuje Shannon-ova entropija

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

uz ograničenja da je

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i p_i$$

i

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1$$

Najtačnije verovatnoće nalaženja vrste duž temperaturnog gradijenta mogu se dobiti iz jednačine

$$p_i^* = \frac{\exp(-\lambda x_i)}{\sum_{i=1}^n \exp(\lambda x_i)}$$

gde je  $\lambda$  Lagranžov koeficijent, koji se može odrediti rešavanjem jednačina

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i p_i^* \quad \text{i} \quad \sum_{i=1}^n p_i^* = 1$$

U radu je analizirana potencijalna distribucija vrsta u odnosu na klimatske parametre (srednja temperatura i srednja količina padavina), kao i u odnosu na visinski gradijent. Klimatski parametri su dobijeni iz WorldClim baze podataka (Hijmans i sar. 2005), čija je rezolucija 30 arc-secondi ( $\sim 1 \text{ km}^2$ ).

Logistička Gausova regresija (ter Braak, 1985; Coudun, i Gégout, 2006. James i sar., 2013) je korišćena za analizu *ekološke diferenciranosti vrsta* u odnosu na sredinske faktore.

Verovatnoća prisustva vrste duž sredinskog gradijenta  $x$  može se izračunati iz jednačine

$$p = \frac{1}{1 + p_{max} \exp \left[ -\frac{(x - opt)^2}{2tol^2} \right]}$$



gde  $opt$  predstavlja ekološki optimum,  $tol$  ekološku tolerantnost, a  $pmax$  maksimum funkcije. Daljim sređivanjem ove jednačine dobija se

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = b_0 + b_1x + b_2x^2 = \log(pmax) - \frac{(x - opt)^2}{2tol^2}$$

gde su  $b_0$ ,  $b_1$  i  $b_2$  koeficijenti kvadratne regresije. Kada se odrede koeficijenti regresije, lako se mogu odrediti parametri logističke Gausove regresije:

$$opt = \frac{-b_1}{2b_2}$$

$$tol = \frac{1}{\sqrt{-2b_2}}$$

$$pmax = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{b_1^2}{4b_2} - b_0\right)}$$

Primenom ove metode dobija se kriva odgovora vrste na variranje određenog sredinskog faktora. U ovom radu je analizirana diferenciranost pojedinih vrsta u odnosu na visinski gradijent, kao i u odnosu na gradijent tipova vodnih tela.

#### Klasifikacione i ordinacione metode za analizu zajednica pijavica

Analiza faunističke diferenciranosti *zajednica pijavica* vršena je primenom čitavog niza ordinacionih i klasifikacionih metoda.

Klasifikacija zajednica vršena je primenom K-means clustering metode (MacQueen, 1967; Hastie i sar., 2009). Ova klasifikaciona metoda grupiše zajednice vrsta prema njihovoj sličnosti u predefinisani broj klasa (klastera). Osnovni nedostatak metode je subjektivnost u odabiru broja ( $K$  klasa), pre izvršenja analize. Da bi se izbegla subjektivnost, broj klasa je određen maksimizovanjem odnosa varijansi prema formuli:

$$VR = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_w^2}$$

gde  $\sigma_b^2$  predstavlja varijansu između grupa (varijansu centroida klastera), a  $\sigma_w^2$  predstavlja varijansu unutar grupa (zbir varijansi unutar svakog klastera).

Kada je određen optimalni broj maksimalno homogenih klasa, primenjena je linearna diskriminantna analiza (LDA) (Fisher, 1936; Greenacre, 2010), kako bi se pronašla kombinacija vrsta koja najbolje razdvaja izdvojene klase zajednica. LDA je ordinaciona metoda koja gotovo u potpunosti odgovara multivarijantnoj analizi varijansi (MANOVA). Jedina razlika između ove dve metode odnosi se na prikaz rezultata u dvodimenzionalnom (ordinacionom) prostoru (SAS, 2009; Greenacre, 2010).

Kanonske ordinacione metode su korišćene da bi se odredio uticaj skupa sredinskih varijabli na zajednice pijavica. U radu je vršena komparativna analiza rezultata dobijenih primenom sledećih kanonskih metoda: kanonska korespondentna analiza (CCA) (ter Braak, 1986) i kanonska analiza glavnih koordinata (d-b RDA) (Legendre i Anderson, 1999).

U kanonskim analizama koriste se dve matrice: matrica  $\mathbf{Y}_{(n \times m)}$ , koja opisuje distribuciju  $n$  vrsta u  $m$  staništa, i matrica  $\mathbf{X}_{(q \times m)}$ , koja sadrži informaciju o vrednostima  $q$  sredinskih faktora u staništima. Prvi korak bilo koje kanonske analize obuhvata multipnu regresiju

$$\mathbf{Y} = \hat{\mathbf{Y}} + \mathbf{E},$$

gde

$$\hat{\mathbf{Y}} = \mathbf{XB}$$

je matrica fitovanih vrednost (matrica odgovora vrsta na delovanje sredinskih faktora),  $\mathbf{B}$  je matrica regresionih koeficijenata a  $\mathbf{E} = \mathbf{Y} - \hat{\mathbf{Y}}$  je matrica grešaka. Drugi korak kanonskih analiza obuhvata primenu neke od ordinacionih metoda (analizu glavnih komponenti, korespondentnu analizu ili pak analizu glavnih koordinata), kako bi se izvršila redukcija dimenzionalnosti matrice  $\hat{\mathbf{Y}}$ . Pri tome se dobijaju položaji vrsta i staništa, kao i pozicije sredinskih vektora u redukovanom (dvo-dimenzionalnom) prostoru.

Da bi se odredio statistički značaj pojedinih sredinskih faktora na varijabilnost zajednica pijavica, korišćena je metoda napredne (direktne) selekcije (forward selection, FS). Ova metoda izdvaja prediktore (sredinske promenljive) sa statistički značajnim uticajem na varijabilnost analiziranih zajednica. Metode za izbor promenljivih mogu funkcionisati na osnovu parametrijskih ili neparametrijskih testova (Miller, 1984). Neparametrijski testovi imaju značajne prednosti u poređenju sa parametrijskim statističkim testovima (Anderson, 2001, 2005). Zbog toga je odabran neparametrijski Monte Carlo permutacioni test za testiranje nulte hipoteze po kojoj ne postoji statistički značajna povezanost određenog sredinskog faktora sa faunističkim sastavom zajednica pijavica. Urađeno je 3000 permutacija a za stepen pouzdanosti je uzeta vrednost  $p < 0.05$ .

Korišćenjem odabranih (statistički značajnih) sredinskih varijabli izvršene su kanonska korespondentna analiza (CCA) i kanonska analiza glavnih koordinata (d-b RDA), kako bi se odredio združeni uticaj sredinskih varijabli na diferencijaciju zajednica pijavica u kraškim izvorima.

#### Metode za analizu biološkog diverziteta pijavica

Diverzitet (varijabilnost) zajednica obuhvata biološku varijabilnost unutar staništa (*alfa* diverzitet), varijabilnost između staništa (*beta* diverzitet) i ukupnu varijabilnost u istraživanom regionu (*gamma* diverzitet).

Varijabilnost zajednice u okviru jednog staništa (*alfa* diverzitet), je pre svega određena brojem vrsta. *Alfa* diverzitet zavisi i od ujednačenosti broja vrsta, pa tako zajednica u kojoj dominira jedna vrsta ima manji *alfa* diverzitet od zajednice koja je polidominantna, odnosno u kojoj su vrste ujednačene po brojnosti.

*Alfa* diverzitet je određen korišćenjem jednačine za Šenonovu entropiju (Shannon's entropy):

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \log p_i,$$

gde  $p_i$  predstavlja udeo vrste  $i$  na određenom lokalitetu, a  $s$  predstavlja ukupan broj vrsta na staništu (lokalitetu). Šenonova entropija varira od  $H_{\min}=0$  (u slučaju zajednice sačinjene samo od jedne vrste) do  $H_{\max}=\log(s)$ .

Ekvitalnost ili ujednačenost brojnosti vrsta kao komponenta *alfa* diverziteta unutar neke zajednice može se izračunati korišćenjem sledeće jednačine:

$$E = H / H_{\max} = -\sum_{i=1}^s p_i \log p_i / \log s,$$

gde  $H_{\max}$  predstavlja najveću moguću entropiju. Ukoliko je u uzorku prisutna samo jedna vrsta ekvitalnost je neodređen odnos 0/0. Kako bi se izbegao ovakav odnos ekvitalnost je izračunavana korišćenjem modifikovane jednačine:

$$E = -\sum_{i=1}^s p_i \log p_i / \log(s + 0.01).$$

Nakon ove modifikacije ekvitalnost je varirala između vrednosti 0 do vrednosti koja je približna jedinici.

*Beta* diverzitet između dve zajednice može se opisati primenom nekog od mnogobrojnih koeficijenata različitosti. Najjednostavniji, i najčešće korišćeni koeficijent različitosti je Žakarov koeficijent (Jaccard, 1912). Ukoliko simbolom  $a$  označimo broj vrsta koje su prisutne u oba staništa, simbolom  $b$  broj vrsta koji se nalazi samo u prvom staništu i simbolom  $c$  broj vrsta koji je zabeležen samo u drugom staništu, tada je Žakarov koeficijent različitosti (koeficijent *beta* diverziteta) između dve zajednice

$$\beta_J = \frac{b + c}{a + b + c}$$

odnosno

$$\beta_J = \frac{2\min(b, c)}{a + b + c} + \frac{|b - c|}{a + b + c}$$

Gornja jednačina jasno ukazuje da ukupni *beta* diverzitet (diverzitet između staništa) obuhvata dve aditivne komponente. Prva komponenta opisuje zamenu vrsta (species turnover)

$$ST = \frac{2\min(b, c)}{a + b + c}$$

Druga komponenta opisuje razliku u bogatstvu vrstama (species richness) između dve zajednice

$$SR = \frac{|b - c|}{a + b + c}$$

Baselga (2010) i Podani i sar. (2013) su razliku u bogatstvu vrstama označili terminom ugneždenost (nestedness). Ukoliko je zamena vrsta jednaka nuli, tada je ukupni diverzitet rezultat razlike u bogatstvu vrstama. U ovom slučaju siromašnija zajednica predstavlja podskup bogatije zajednice. Slikovito, bogatija zajednica je “gnezdo” siromašnjoj zajednici, pa se razlika u bogatstvu

vrstama može opisati terminom “ugnežđenost” (nestedness). Metode za proučavanje komponenti beta diverziteta koje su predložili Baselga (2010) i Podani i sar. (2013) donekle se razlikuju. U radu su korišćene obe varijante ovih metoda.

Analiza maksimalne entropije vršena je korišćenjem programa MAXENT (Phillips i sar., 2006). Ostale metode su primenjene korišćenjem programskog paketa FLORA (Karadžić, 2013).

Mape istraživanog područja i rasprostranjenja vrsta izrađene su u programskom paketu ArcGIS 10 (ESRI, 2011).

## 2.4 Molekularne analize

Sa ciljem utvrđivanja filogenetskih odnosa odabranih vrsta vršene su molekularne analize. Jedinkama odabranim za analizu odsecana je kaudalna pijavka. Pijavka je u velikom udelu sačinjena od mišićnog tkiva što obezbeđuje dovoljnu količinu genetičkog materijala za umnožavanje i dalju analizu. Ovime se takođe izbegava potencijalna kontaminacija uzoraka materijalom stranih vrsta tako što se izbegava eventualno oštećenje crevnog sistema i mešanje tkiva plena kojim se pijavica hranila sa tkivom same pijavice koja se analizira.

Izolacija genetičkog materijala (DNK), njegova amplifikacija, odnosno umnožavanje lančanom reakcijom polimeraze rađene su u laboratoriji Odeljenja za hidroekologiju i zaštitu voda Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“- Instituta od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerziteta u Beogradu. Izdvojena tkiva (pijavke) su prvo isprana destilovanom vodom, a zatim macerirana (usitnjena) oštrim skalpelom ili makazama sa finim vrhom. Kako bi se sprečila kontaminacija između uzoraka, pribor je ispiran prvo u varikini, zatim u 70% etil-alkoholu i na kraju u destilovanoj vodi. Usitnjeno tkivo je zatim prenošeno u tubice zapremine 1,5 ml. Izolacija genetičkog materijala je urađena korišćenjem DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen) prema uputstvima priloženim od strane proizvođača.

Umnožavanje izolovanog genetičkog materijala rađeno je lančanom reakcijom polimeraze-PCR (eng. Polymerase Chain Reaction). Umnožen je region mitohondrijske DNK koji kodira citohrom oksidazu I (COI) dužine oko 600 baznih parova (bp).

PCR amplifikacija izolovanog genetičkog materijala urađena je u zapremini od 50  $\mu$ l. Smeša za amplifikaciju je sadržala 4 $\mu$ l izolovane DNK, 25 $\mu$ l 5x KAPA2G Robust HotStart ReadyMix-a, po 2,5 $\mu$ l od svakog prajmera i 16 $\mu$ l vode.

Oligonukleotidni prajmeri koji su korišćeni za amplifikaciju fragmenta DNK su sledeći:

LCO1490 5'-GGTCAACAACAAATCATAAAGATATTGG-3'

HCO2198 5'-TAAACTTCTTCAGGGTGCCAAAAAATCA-3'

Amplifikacija DNK PCR reakcijom se odvija u nekoliko koraka. U prvom koraku dolazi do denaturacije dvolančanog molekula DNK pod uticajem visoke temperature. U drugom koraku se temperatura snižava i prajmeri naležu na kompatibilna mesta na jednolančanoj DNK. U trećem koraku se pomoću enzima polimeraze umnožava komplementarni lanac DNK.

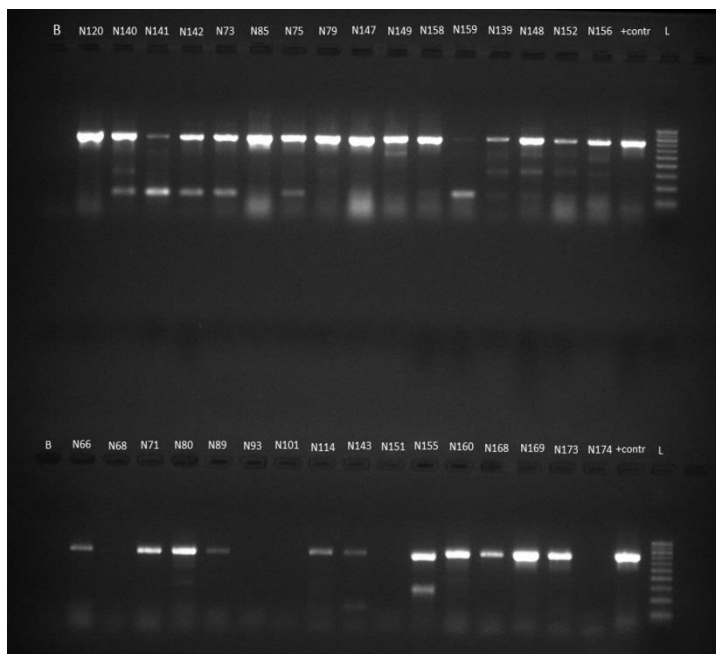
Za PCR reakciju je korišćen protokol:

Protokol za COI:

95°C	3min	40 ciklusa
94°C	30s	
50°C	30s	
72°C	60s	

72°C 5min

Provera kvaliteta dobijenih amplificiranih produkata DNK, odnosno njihove dužine, vršena je na 1% agaroznom gelu u 0,5 x TBE puferu obojenim Midori-greenom (Nippon Genetics) i vizualiziranim pod UV transluminatorom (Slika 13). Markeri od 100 bp (SERVA DNA 100 Bp DNA Ladder) korišćeni su za utvrđivanje dužine dobijenih fragmenata.



Slika 13: Provera kvaliteta dobijenih amplificiranih produkata DNK.

Amplifikovani region COI gena sekvenciran je pomoću *reverse* (HCO) i *forward* (LCO) prajmera za svaki uzorak. Sekvenciranje amplifikovanih regiona DNK urađeno je u kompaniji MacroGen Inc. (Amsterdam, Holandija).

### Filogenetske analize

Filogenetski odnosi pijavica podreda Erpobdelliformes sa ispitivanog područja urađeni su na osnovu sekvenci dobijenih iz sakupljenih jedinki i sekvenci preuzetih iz banke gena (eng. GenBank), baze podataka pri NCBI-u (National Center for Biotechnology Information <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>).

Filogenetski odnosi vrsta Erpobdelliformes utvrđeni su na osnovu 50 sekvenci COI gena. Iz banke gena preuzeto je pet sekvenci za pet vrsta (Tabela 2).

Program Sequencher 5.4.6. (GeneCodes Co.) korišćen je za utvrđivanje grešaka i polimorfnih mesta na krajevima sekvenci.

Poređenje dobijenih sekvenci sa postojećim sekvencama iz banke gena urađeno je pomoću BLAST alata (Basic Local Alignment Tool) dostupnog na <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>.

Poravnavanje sekvenci izvršeno je u programskom paketu MEGA 7.0 (Molecular Evolutionary Genetics Analysis verzija 7.0, Kumar i sar., 2015) korišćenjem programa ClustalW prema već zadatim parametrima.

Za izradu filogenetskih stabala u okviru odabranih vrsta iz podreda Erpobdelliformes korišćen je programski paket MEGA 7.0. Metod najveće verovatnoće (eng. maximum likelihood-ML) korišćen je za rekonstruisanje filogenetskog stabla. Za testiranje dobijenog ML stabla korišćen je model HKY (Hasegawa-Kishino-Yano model). Konsenzus stablo je dobijeno na osnovu 500

iteracija. Brojevi u svakom čvorištu prikazuju procenat podržanosti grupisanja, a dužine grana reprezentuju broj supstitucija po mestu.

Tabela 2: Podaci o jedinkama čije su sekvence gena COI korišćene u filogenetskoj analizi

Takson	šifra sekvence		Država
	Studija	Banka gena	
<i>Barbronia weberi</i>	N182		Grčka
<i>Barbronia weberi</i>	N187		Srbija
<i>Barbronia weberi</i>		KU553102	Meksiko
<i>Trocheta dalmatina</i>	N10		Crna Gora
<i>Trocheta dalmatina</i>	N11		Crna Gora
<i>Trocheta dalmatina</i>	N28		Crna Gora
<i>Trocheta dalmatina</i>	N29		Crna Gora
<i>Trocheta dalmatina</i>	N30		Crna Gora
<i>Trocheta dalmatina</i>	N119		Crna Gora
<i>Erpobdella octocolata</i>	N66		Srbija
<i>Erpobdella octocolata</i>	N71		Srbija
<i>Erpobdella octocolata</i>	N91		Crna Gora
<i>Erpobdella octocolata</i>	N92		Crna Gora
<i>Erpobdella octocolata</i>	N94		Crna Gora
<i>Erpobdella octocolata</i>	N102		Bosna i Hercegovina
<i>Erpobdella octocolata</i>	N126		Crna Gora
<i>Erpobdella octocolata</i>	N131		Crna Gora
<i>Erpobdella octocolata</i>	N154		Bosna i Hercegovina
<i>Erpobdella octocolata</i>	N160		Crna Gora
<i>Erpobdella octocolata</i>	N168		Srbija
<i>Erpobdella octocolata</i>		AF003274	Francuska
<i>Erpobdella vilnensis</i>	N80		Srbija
<i>Erpobdella</i>	N148		Crna Gora

Materijal i metode

<i>vilnensis</i>			
<i>Erpobdella vilnensis</i>	N156		Srbija
<i>Erpobdella vilnensis</i>	N176		Srbija
<i>Erpobdella vilnensis</i>	N179		Srbija
<i>Erpobdella vilnensis</i>		HM246585(UGSB1709)	Nemačka
<i>Dina lineata lineata</i>	N79		Srbija
<i>Dina lineata lineata</i>	N87		Srbija
<i>Dina lineata lineata</i>	N99		Bugarska
<i>Dina lineata lacustris</i>		HM246611(UGSB4166)	Severna Makedonija
<i>Dina lineata dinarica</i>	L6		Srbija
<i>Dina lineata dinarica</i>	N46		Srbija
<i>Dina lineata dinarica</i>	N73		Srbija
<i>Dina lineata dinarica</i>	N75		Srbija
<i>Dina lineata dinarica</i>	N82		Srbija
<i>Dina lineata dinarica</i>	N140		Srbija
<i>Dina lineata dinarica</i>	N142		Srbija
<i>Dina lineata dinarica</i>	N147		Srbija
<i>Dina lineata dinarica</i>	N158		Srbija
<i>Dina lineata dinarica</i>	N177		Srbija
<i>Dina lineata dinarica</i>	N136		Crna Gora
<i>Dina lineata dinarica</i>	N169		Crna Gora
<i>Dina lineata dinarica</i>	N161		Bosna i Hercegovina
<i>Dina lineata dinarica</i>	N183		Bosna i Hercegovina
<i>Dina lineata dinarica</i>	N184		Bosna i Hercegovina
<i>Dina lineata dinarica</i>	N185		Bosna i Hercegovina
<i>Dina lineata dinarica</i>	N186		Bosna i Hercegovina
<i>Xerobdella anulata</i>	N181		Crna Gora
<i>Lumbricus terrestris</i>		HQ024634	Kanada

### **3. Rezultati**



Kontinuiranim limnološkim istraživanjima obuhvaćeno je široko geografsko područje zapadnog Balkana. Navedena istraživanja daju pregled sastava i distribucije zajednice pijavica podreda Erpobdelliformes (Hirudinea, Annelida).

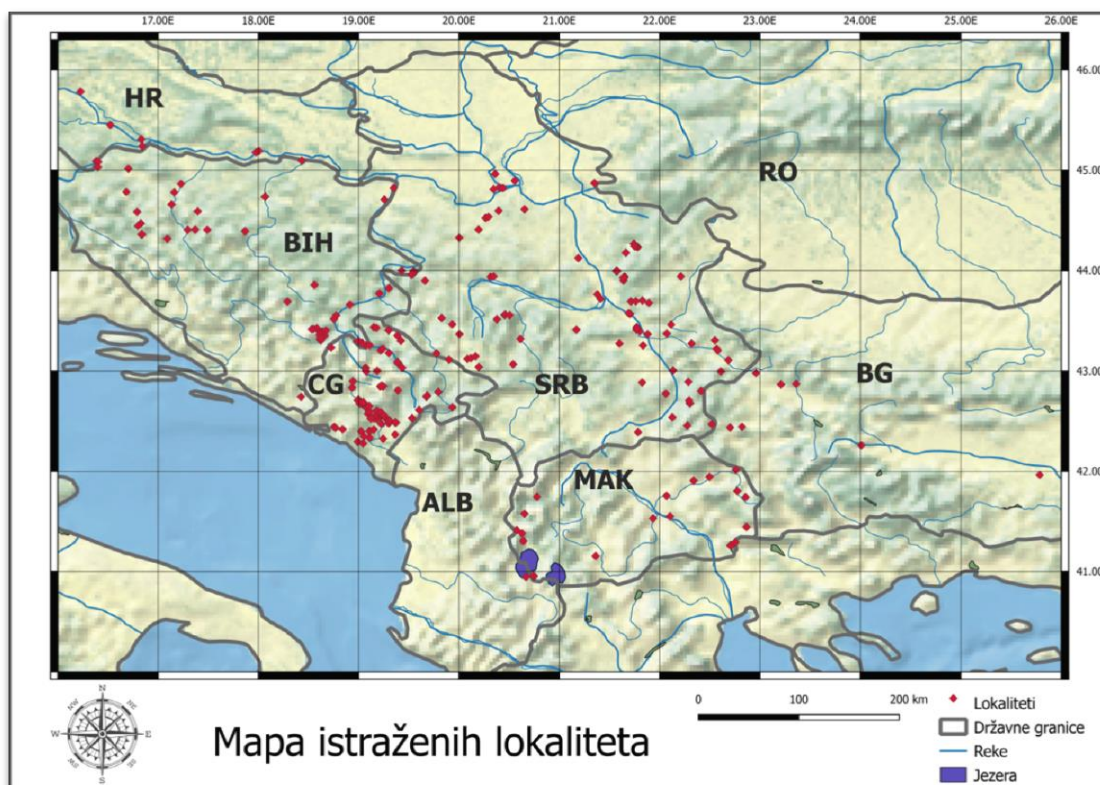
Na severozapadu granicu istraživanog područja čini reka Sava u Republikama Sloveniji i Hrvatskoj, a na jugoistoku Dojransko jezero, koje predstavlja najudaljenije istraživano vodno telo. Đerdapska klisura i reka Timok oivičavaju područje na severoistoku istraživanog područja, dok na zapadu granicu čini obala Jadranskog mora (Crna Gora). Terensko istraživanje je obuhvatilo različite tipove površinskih voda od izvora, planinskih potoka, preko različitih tipova reka do malih, povremnih ili veštačkih stajaćih voda (bare, kanali, akumulacije) i prirodnih jezera (Skadarsko, Ohridsko, Prespansko jezero i jezero Dojran).

Najmanja nadmorska visina lokaliteta je iznosila 8m iznad nivoa mora (Skadarsko jezero, Crna Gora), a najveća 1786m nadmorske visine (izvor Lukavica, Durmitor, Crna Gora). Prosečna nadmorska visina istraživanog područja iznosila je 484,67m.

Vode sa 261 lokaliteta pripadaju slivnim područjima tri morska sliva i prikazani su tabelarno u Prilogu 1. Najveći procentualni udeo istraživanih lokaliteta (67%) pripada Crnomorskom slivu, 26% lokaliteta pripada Jadranskom slivu, a preostalih 7% lokaliteta pripada Egejskom slivu. Istraženo je više od 20 reka crnomorskog sliva, među kojima su Dunav (SRB), Sava (SRB, HR), Velika Morava (SRB) i njihove pritoke (Timok, Mlava, Una (BIH, HR), Sana (BIH), Bosna (BIH), Vrbas, Drina (CG, BIH), Piva (CG), Tara (CG), Čehotina (CG, BIH), Komarnica, Bukovica (CG, BIH), Lim (SRB, CG), Zapadna i Južna Morava (SRB), Nišava, Moravica, Rasina, Ibar i Golijska Moravica). Jadranskom slivu pripadaju lokaliteti koji se nalaze u slivu reke Crni Drim (MK) koja ističe iz Ohridskog jezera koje je takođe uključeno u ovo istraživanje, zatim reke i potoci sa područja Crne Gore (Morača, Rijeka Crnojevića, Široka Rijeka).

Kraški izvori (82 lokaliteta) na području Crne Gore od kojih se većina nalazi u basenu Skadarskog jezera, predstavljaju značajan deo ovog istraživanja. U njima su istraživane zajednice pijavica koje ih nastanjuju a čiji su značajan deo predstavnici podreda Erpobdelliformes.

Najznačajnije reke egejskog sliva koje su istraživane su Vardar i njene pritoke na području Republike Severne Makedonije i reke Marica i Iskar u Bugarskoj. Na teritoriji Bugarske su i reka Strumica, Blato reka, Harmalinska reka i močvara Dragomansko blato. Reka Pčinja koje pripada Egejskom slivu i njene manje pritoke istražene su na teritoriji Republike Srbije.



Slika 14: Istraženi lokaliteti na kojima su zabeleženi predstavnici Erpobdelliformes

### 3.1. Faunistički sastav i distribucija vrsta iz podreda Erpobdelliformes zabeleženih na ispitivanom području

Tokom terenskih istraživanja zabeleženo je ukupno devet vrsta iz podreda Erpobdelliformes. Zabeleženi predstavnici pripadaju dvema familijama. Familija Erpobdellidae je predstavljena sa tri roda i osam vrsta. Tri podvrste vrste *Dina lineata* su zabeležene tokom terenskih istraživanja. Iz familije Salifidae je zabeležena samo jedna vrsta *Barbronia weberi* (Blanchard, 1897). (Prilog 1)

#### **Familija Erpobdellidae**

##### ***Dina* Blanchard, 1892**

##### ***D. apathy* Gedroyc, 1916**

Tokom terenskih istraživanja vrsta je zabeležena na dva lokaliteta na reci Savi na području Republike Hrvatske. Lukavec posavski (N 45.408807°, E 16.523365°) 10 jedinki i Slavonski Brod (N 45.134943°, E 17.976154°) četiri jedinke.

##### ***D. lineata* (O.F. Muller, 1774)**

##### ***D. lineata lineata* (O.F. Muller, 1774)**

Tokom terenskih istraživanja ova podvrsta zabeležena je na jednom lokalitetu na teritoriji Republike Bugarske, u reci Marici u mestu Belovo (N 42.217306° E 24.009505°).

Na teritoriji Republike Srbije podvrsta *D. lineata lineata* je zabeležena na dva lokaliteta. Bovansko Jezero (Sokobanjska Moravica) (N 43.643474°, E 21.711551°) i u Zapadnoj Moravi (Čačak) (N 43.900972°, E 20.345167°)

#### ***D. lineata dinarica* Sket, 1968**

Ova podvrsta vrste *D. lineata* je jedan od najzastupljenijih taksona pijavica na Balkanskom poluostrvu. Tokom terenskih istraživanja zabeležen je na teritorijama Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Srbije i Severne Makedonije (Prilog 1).

#### ***D. lineata montana* Sket, 1968**

Ova podvrsta je tokom terenskog istraživanja sakupljena u tri izvora koja se nalaze na planini Štavni gde je bila jedini zabeležen takson iz familije Erpobdellidae.

#### ***D. minuocolata* Grosser, Moritz & Pešić, 2007**

Tokom terenskih istraživanja vrsta je sakupljena na lokalitetu u kanjonu reke Tare na kome je prvobitno otkrivena (20 jedinki), i na izvoru Karuč u basenu Skadarskog jezera.

Pored nalaza ove vrste u Crnoj Gori vrsta je zabeležena na teritoriji Bosne i Hercegovine u slivu reke Sutjeske. Jedinke ove vrste su zabeležene u Maloj Hrčavki (N 43.349335°; E 18.611221°; 1134mnv.) i u reci Klobučarici (N 43,269935°; E 18,615626°; 851mnv.). Ovi nalazi predstavljaju prve podatke o ovoj vrsti za teritoriju Bosne i Hercegovine.

Tokom terenskih istraživanja vrsta je pronađena i na teritoriji Srbije na lokalitetu vodopad Lađevac na reci Rači na planini Tari (N 43.918871°; E 19.525441°; 503mnv.).

#### ***Erpobdella* Blainville, 1818**

Tokom terenskih istraživanja zabeleženo je prisustvo četiri vrste iz roda *Erpobdella*.

#### ***E. nigricollis* (Brandes, 1900)**

Tokom terenskih istraživanja vrsta je zabeležena u basenu Skadarskog jezera (CG) na dva lokaliteta, izvori Kaluđerovo oko i Malo oko.

#### ***E. octocultata* (Linnaeus, 1758)**

Vrsta je široko rasprostranjena na celom zapadnom Palearktiku pa tako i na Balkanskom poluostrvu.

Tokom terenskih istraživanja jedinke koje pripadaju ovoj vrsti su prikupljene na velikom broju lokalitet na teritoriji Hrvatske, Srbije, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Makedonije i Bugarske (Prilog 1).

#### ***E. testacea* (Savigny, 1822)**

Tokom terenskih istraživanja vrsta je zabeležena na lokalitetu Rugvica na reci Savi na teritoriji Hrvatske i na lokalitetu Stara Palanka na reci Dunav u Srbiji.

***E. vilnensis* (Liskewicz, 1925)**

Tokom terenskih istraživanja ova vrsta je zabeležena na teritoriji Srbije u reci Mlavi na više lokaliteta, u Južnoj Moravi (Separacija) i u pritokama (Veternica, Moravica, Toplica, Nišava), Rasini, potok u blizini Sjeniškog jezera (Uvac), reka Raška (Raška).

U Crnoj Gori vrsta je zabeležena na planini Durmitor (Pirlitor), reka Bukovica (Šavnik), izvori Babino sicalo, i Lukavica.

Tokom terenskih istraživanja vrsta je zabeležena na lokalitetu Jugovo jezero (planina Zelengora) (N 43.374839°, E 18.532774°, 1540 mnv). Ovaj nalaz predstavlja prvi nalaz ove vrste na teritoriji Bosne i Hercegovine.

Tokom terenskih istraživanja na teritoriji Makedonije vrsta je zabeležena u Prespanskom jezeru.

***Trocheta Dutrochet*, 1817**

***T. dalmatina* (*Trocheta subviridis dalmatina*) Sket, 1968**

Tokom terenskih istraživanja vrsta je zabeležena u izvoru Pipoljevac (Kotor) i potoku Široka rijeka (Kotor).

***Trocheta* sp.**

Tokom terenskih istraživanja sakupljene su jedinke na nekoliko lokaliteta u Bosni i Hercegovini i Srbiji koji zbog neadekvatno konzerviranog materijala nisu mogli biti identifikovani do nivoa vrste.

BIH: Reka Bistričak (Smajići-Zenica) i reka Ugar (Vukovići), reka Vrbas (Podmilačje).

SRB: Reka Đetinja (ispod akumulacije Vrutci)

**Familija Salifidae**

***Barbronia* (Blanchard, 1897)**

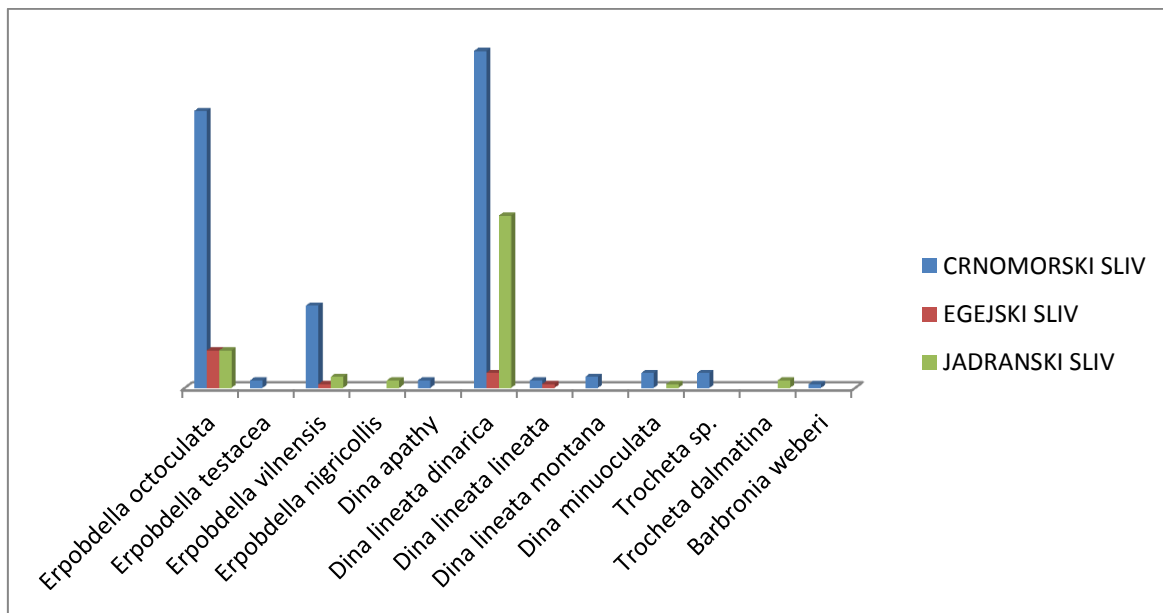
***Barbronia weberi* (Blanchard, 1897)**

Tokom redovnog monitoringa kvaliteta površinskih voda na teritoriji grada Beograda (Srbija) u septembru 2019. godine sakupljeno je 6 jedinki vrste *Barbronia weberi*. Jedinke su sakupljene u litoralnoj zoni Savskog jezera na dve lokacije koje su međusobno udaljene oko 600m. Lokalitet se nalazi na 70m nadmorske visine. Geografska pozicija N 44.788463°, E 20.407982°.

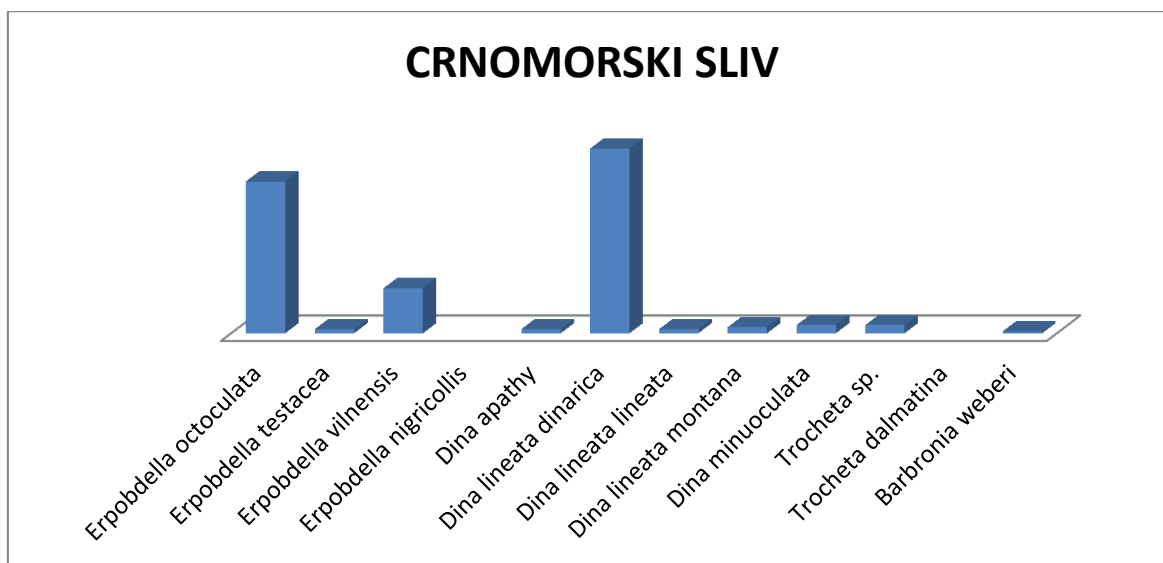
Ovaj nalaz predstavlja prvi nalaz za teritoriju Republike Srbije i za Balkansko poluostrvo.

Distribucija zabeleženih taksona u tri morska sliva prikazana je na slikama 15-18. Najveći diverzitet se vezuje za Crnomorski sliv. Na lokalitetima koji pripadaju ovom slivu beležene su tri najčešće vrste *D. lineata*, *E. octocolata* i *E. vilnensis* koje su konstatovane i u ostalim slivovima. Pored njih, u Crnomorskom slivu, beležene su i vrste sa manjom frekvencom nalaženja kao što su *D. apathy*, *E. testacea*, *Barbronia weberi* i podvrsta *D. lineata montana*. Vrsta *D. minuocolata* je beležena u Jadranskom i Crnomorskom slivu. Vrste *E. nigricollis* i *T. dalmatina* su zabeležene samo na lokalitetima koji pripadaju Jadranskom slivu.

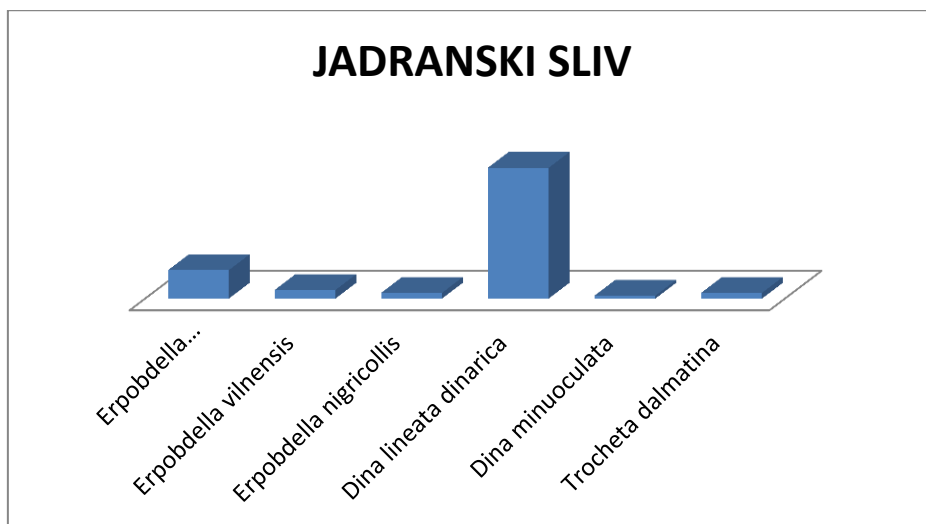
## Rezultati



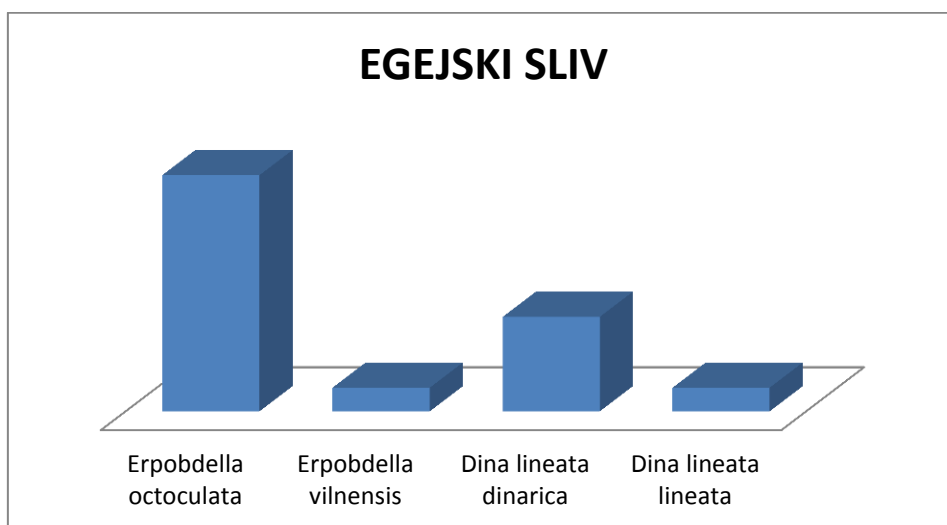
Slika15: Zastupljenost predstavnika podreda Erpobdelliformes u tri morska sliva.



Slika16: Zastupljenost predstavnika podreda Erpobdelliformes na lokalitetima koji pripadaju Crnomorskom slivu



Slika 17: Zastupljenost predstavnika podreda Erpobdelliformes na lokalitetima koji pripadaju Jadranskom slivu



Slika 18: Zastupljenost predstavnika podreda Erpobdelliformes na lokalitetima koji pripadaju Egejskom slivu

### 3.1.1 Analiza faune podreda Erpobdelliformes na području zapadnog Balkana na osnovu literaturnih podataka

Pregledom literaturnih podataka napravljen je pregled faune Erpobdelliformes na Balkanskom poluostrvu. Prisustvo predstavnika na teritoriji država Balkana i poređenje literaturnih podataka sa podacima prikupljenim tokom ove teze prikazana je u tabeli 3. Za potrebe analize faune korišćene su publikacije Sket (1968), Šapkarev (1964a, 1964b, 1970, 1975), Kerovec, Kucinic & Jalzic, 1999, Grosser i sar. (2014a, 2015, 2016) i Živić i sar. (2017).

## Rezultati

Faunistički sastav podreda Erpobdelliformes na prostoru Balkanskog poluostrva na osnovu literaturnih podataka:

*Croatobranchnus* Kerovec, Kucinic & Jalzic, 1999

*Croatobranchnus maestrovi* Kerovec, Kucinic & Jalzic, 1999

*Dina* R. Blanchard, 1892

*Dina ablosoni* Johansson, 1913

*Dina apathy* Gedroyc, 1916

*Dina lineata* (Müller, 1774)

*D. lineata dinarica* Sket, 1968

*D. lineata lacustris* Sket, 1968

*D. lineata lineata* (Müller, 1774)

*D. lineata montana* Sket, 1968

*Dina minuoculata* Grosser, Moritz & Pešić, 2007

*Dina latestriata* Neubert & Nesemann, 1995

*Dina krasensis* (Sket, 1968)

*Dina ohridana*\* Sket, 1968

*Dina prokletijaca* Grosser & Pešić 2016

*Dina sketi* Grosser & Pešić, 2014

### *Erpobdella*

*Erpobdella octoculata* (L. 1758)

*Erpobdella testacea* (Savigny, 1822)

*Erpobdella nigricollis* (Brandes, 1900)

*Erpobdella vinlensis* (Liskewitz, 1925)

### *Trocheta*

*Trocheta cylindrica* Örley, 1886

*Trocheta dalmatina* Sket, 1968

*Trocheta danastrica* Stschegolew, 1938

*Trocheta haskonis* Grosser, 2000

## Rezultati

Tabela 3: Prisustvo taksona iz podreda Erpobdelliformes na području zapadnog Balkana

Takson	Bosna i Hercegovina		Srbija		Crna Gora		Makedonija		Hrvatska	
	Sakupljeni materijal	Literaturni podaci	Sakupljeni materijal	Literaturni podaci	Sakupljeni materijal	Literaturni podaci	Sakupljeni materijal	Literaturni podaci	Sakupljeni materijal	Literaturni podaci
<i>Croatobranchus mestrovi</i> Kerovec, Kucinic & Jalzic, 1999										+
<i>D. absoloni</i> Johansson 1913		+		+		+				
<i>D. apathy</i> Gedroyc, 1916				+					+	
<i>D. lineata</i> (O.F. Muller, 1774)				+				+		
<i>D. lineata lineata</i> (O.F. Muller, 1774)			+	+						
<i>D. lineata dinarica</i> Sket, 1968	+	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>D. lineata montana</i> Sket, 1968				+	+	+		+		
<i>D. lineata lacustris</i> Sket, 1968								+		
<i>D. minuocolata</i> Grosser, Moritz & Pešić, 2007	+		+	+	+	+				
<i>D. krasensis</i> (Sket, 1968)										+
<i>D. prokletijaca</i> Grosser & Pešić 2016				+						
<i>D. punctata</i> Johansson, 1927				+						
<i>D. sketi</i> Grosser & Pešić 2014		+								
<i>E. monostriata</i> (Lindenfeld & Pietruszynski, 1890)				+						
<i>E. nigricollis</i> (Brandes, 1900)				+	+	+				



## Rezultati

<i>E. octocultata</i> (Linneaus, 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. testacea</i> (Savingy, 1822)		+	+	+		+		+	+	+
<i>E. vilnensis</i> (Liskewicz, 1925)	+		+	+	+	+	+	+		
<i>T. cylindrica</i> Orley, 1886 ( <i>Trocheta bykowskii</i> Gedroyc 1913 )				+						
<i>T. dalmatina</i> ( <i>Trocheta subviridis dalmatina</i> ) Sket, 1968				+	+	+				+
<i>T. haskonis</i> Grosser, 2000		+		+						
<i>T. danastrica</i> Stchegolew, 1938				+						
<i>Trocheta</i> sp.	+		+							
<i>Barbronia weberi</i> (Blanchard, 1897)			+							

### 3.2 Taksonomska diferencijacija taksona iz podreda Erpobdelliformes na osnovu morfoloških i anatomskih karaktera

Morfološka diferencijacija taksona iz podreda Erpobdelliformes prikazana je na slici 19. Predstavnici familije Slifidae od predstavnika familije Erpobdellidae se razlikuju po broju očiju kojih ima šest, odnosno samo jedan par labijalnih očiju. Kod familije Erpobdellidae je prisutno osam očiju. Salifide (*Barbronia weberi*) se razlikuju od predstavnika Erpobdellidae po prisustvu dve aksesorne pore polnog sistema. Jedna se nalazi ispred muške gonopore, a druga iza ženske gonopore. Pored ovih karaktera, prisustvo ždrelnih stileta je dodatna osobina koja razlikuje ove dve familije.

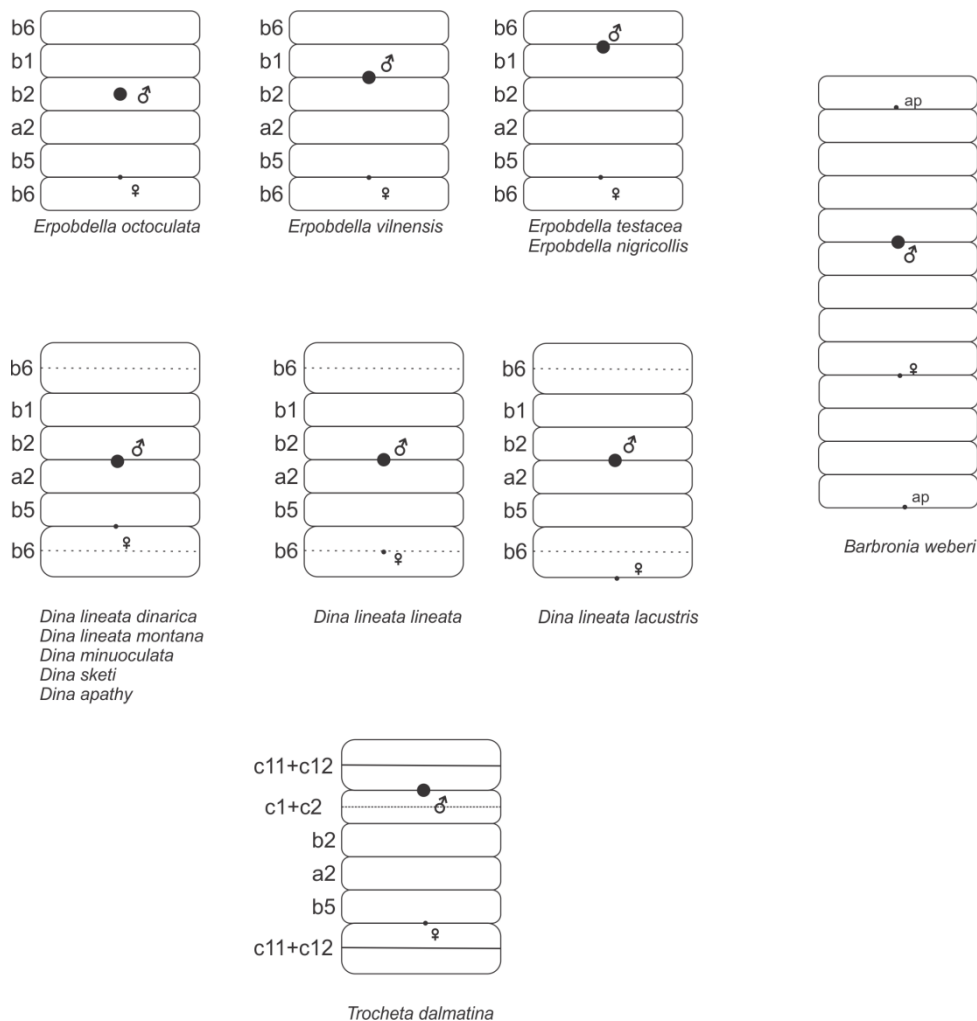
Primarni karakter po kome se razlikuju tri roda iz familije Erpobdellidae je segmentacija. Rod *Erpobdella* odlikuje homonomna segmentacija. Svi prstenovi su približno jednake širine. Rod *Dina* odlikuje heteronomna segmentacija, četiri prstena iste širine, prati jedan prsten ( $b_6$ ) koji je proširen, a kod nekih predstavnika i podeljen na dva manja ( $c_{11}+c_{12}$ ). Kod predstavnika roda *Trocheta* je prisutno deljenje i ostalih prstenova, osim  $b_6$ , pa je najčešća formula segmentacija jednog telesnog članka  $c_1+c_2+b_2+a_2+b_5+c_{11}+c_{12}$ . Prstenovi  $c_{11}$  i  $c_{12}$  se mogu dodatno podeliti na dva manja.

Predstavnici roda *Erpobdella* se pouzdano mogu razlikovati na osnovu položaja gonopora. Vrsta *E. octoculata* ima gonopore koje su razmaknute 2,5 prstena, kod vrste *E. vilnensis* razmak iznosi 3 prstena. Gonopore koje su razmaknute za četiri prstena odlikuju vrste *E. testacea* i *E. nigricollis*. *E. nigricollis* se može pouzdano identifikovati na terenu jer se lako uočava tamna „ogrlica“ na prednjem kraju tela. Na konzerviranom materijalu ove dve vrste je teško razlikovati.

Kod su predstavnika roda *Dina* najčešći razmak između gonopora iznosi 2 prstena. Muški polni otvor je smešten u brazdi  $b_2/a_2$  a ženski u brazdi  $b_5/b_6$  ( $b_5/c_{11}$ ). Do odstupanja od ovog pravila dolazi kod dve podvrste *D. lineata lineata* i *D. lineata lacustris*. Kod prve podvrste ženska gonopora je pomerena unazad pa se smešta u brazdu  $c_{11}/c_{12}$  ili na prsten  $c_{12}$ , a kod druge podvrste ženska gonopora je pomerena na kraj prstena  $c_{12}$  ili u brazdu  $c_{12}/b_1$ . Druge dve podvrste vrste *D. lineata* imaju gonopore razmaknute kao i većina predstavnika roda *Dina* (2 prstena). *D. lineata dinarica* ima veće telo i veću glavenu pijavku od *D. lineata montana*, kod koje je dorzalna strana tela tamnija pa se karakteristične pruge nešto teže uočavaju. *D. lineata montana* se razlikuje od *D. lineata dinarica* na anatomskom nivou po jako dugim testisima. Vrsta *D. sketi* se razlikuje od prethodna dva taksona po obojenosti leđne strane tela koju odlikuje središnja svetla pruga koja je oivičena tamnim trakama. Na zadnjem kraju tela ova pruga prelazi u tamnu boju. Vrsta *D. minuoculata* se može razlikovati od drugih vrsta i podvrsta koje imaju gonopore razmaknute za dva prstena po prisustvu brojnih svetlih tačaka na dorzalnoj strani tela koje se vide i kod konzerviranih primeraka. Vrsta *D. apathy*, koju takođe odlikuje razmak gonopora od dva prstena i prisustvo svetlih tačaka na leđnoj strani tela, se od prethodne vrste razlikuje po uniformnom rasporedu tačaka. Tačke su organizovane u jedan niz na svakom prstenu osim u slučaju prstena  $b_6$  na kome se nalaze dva niza tačaka. Ovu vrstu izdvaja i oblik genitalnog atrijuma koji podseća na genitalni atrijum predstavnika roda *Trocheta* a koga odlikuje malo atrijumsko telo i prave i dugačke kornue.

Vrsta *Trocheta dalmatina* se od ostalih vrsta roda *Dina* i *Erpobdella* razlikuje po podeljenom prstenu  $b_1$  ( $c_1+c_2$ ) i razmaku između gonopora od četiri prstena. Od drugih vrsta iz roda *Trocheta* ova vrsta se razlikuje po tome što se prsten  $b_6$  deli samo na dva prstena ( $c_{11}+c_{12}$ ) i nema daljeg deljenja na manje prstenove. Takođe ovu vrstu odlikuje nešto krupnije atrijumsko telo i blago uvijene kornue u odnosu na druge vrste roda *Trocheta*.

## Rezultati



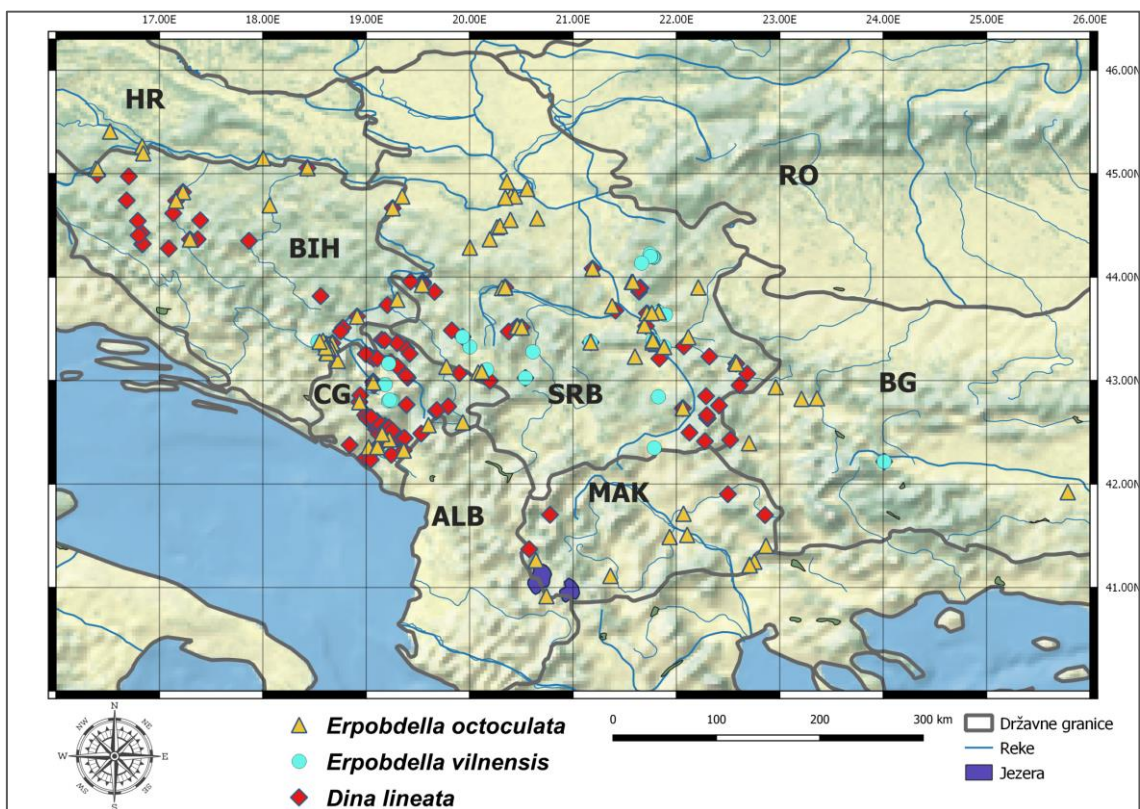
Slika 19: Morfološka diferencijacija predstavnika podreda Erpobdelliformes, segmentacija i položaj gonopora. ♂ - muška gonopora; ♀ - ženska gonopora; ap- aksesorna pora

### 3.3 Analiza distribucije najčešćih vrsta podreda Erpobdelliformes

#### 3.2.1. Horološka diferencijacija najčešćih vrsta podreda Erpobdelliformes

Tokom terenskih istraživanja tri vrste iz podreda Erpobdelliformes izdvajaju se visokim procentualnim udelom u zajednici pijavica istraživanog područja. Stoga su vrste *E. octoculata*, *E. vilnensis* i *D. lineata* posebno analizirane. Od 2432 jedinice, koliko je obuhvaćeno ovim istraživanjima, 90% jedinki pripada navedenim vrstama (Prilog 1). Prema broju lokaliteta na kojima su vrste zabeležene, najmanju distribuciju zauzima vrsta *E. vilnensis* koja je zabeležena na 26 lokaliteta. Najčešće zabeležena vrsta je *D. lineata* sa 146 nalaza, dok je *E. octoculata* bila zastupljena na 94 lokaliteta (Tabela 5). Distribucija ovih vrsta prikazana je na slici 20. Sve tri vrste imaju slična rasprostranjenja duž pravca sever-jug (latitudinalno) i pravca istok-zapad (longitudinalno) (Tabela 4). Usled širokog preklapanja distribucija, horološko razdvajanje ovih vrsta je skriveno, ali se uočava diferencijacija analiziranih vrsta u odnosu na visinski gradijent (Slika 21).

## Rezultati

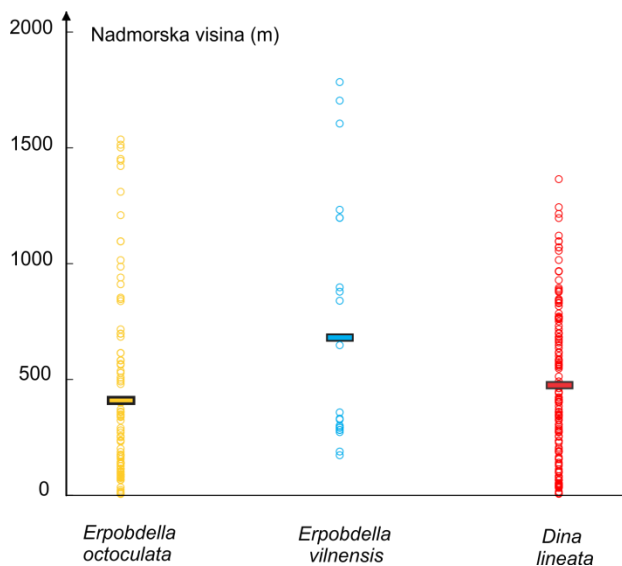


Slika 20: Distribucija tri najčešće vrste podreda Erpobdelliformes na istraživanom području

Tabela 4: Variranje prostornih varijabli, nadmorske visine, longitude i latituda

Geografska variabla	Parametar	<i>E. octoculata</i>	<i>E. vilnensis</i>	<i>D. lineata</i>
Nadmorska visina(m)	Minimum	9	175	9
	Maksimum	1540	1786	1774
	Srednja vrednost	418.636	683.608	494.267
	Standard deviation	408.194	528.766	368.935
Latituda (°N)	Minimum	40.903	40.903	40.903
	Maksimum	45.409	44.225	45.054
	Srednja vrednost	43.414	43.312	43.120
	Standardna devijacija	1.104	0.818	0.742
Longituda (°E)	Minimum	16.383	19.215	16.683
	Maksimum	25.785	24.009	24.009
	Srednja vrednost	20.196	21.175	19.698
	Standardna devijacija	1.813	1.189	1.458

## Rezultati



Slika 21: Raspored lokaliteta, na kojima su zabeležene vrste, u odnosu na nadmorsku visinu. Krugovi reprezentuju poziciju pojedinačnih lokaliteta a pravougaonici srednju vrednost nadmorske visine za svaku vrstu.

Urađena je analiza distribucije frekventnih vrsta u slivu kojem lokaliteti pripadaju. (Slika 22). *D. lineata* je najprisutnija vrsta na lokalitetima koji pripadaju Jadranskom slivu, dok je najfrekventnija vrsta na lokalitetima koji pripadaju Egejskom slivu bila vrsta *E. octoculata*.

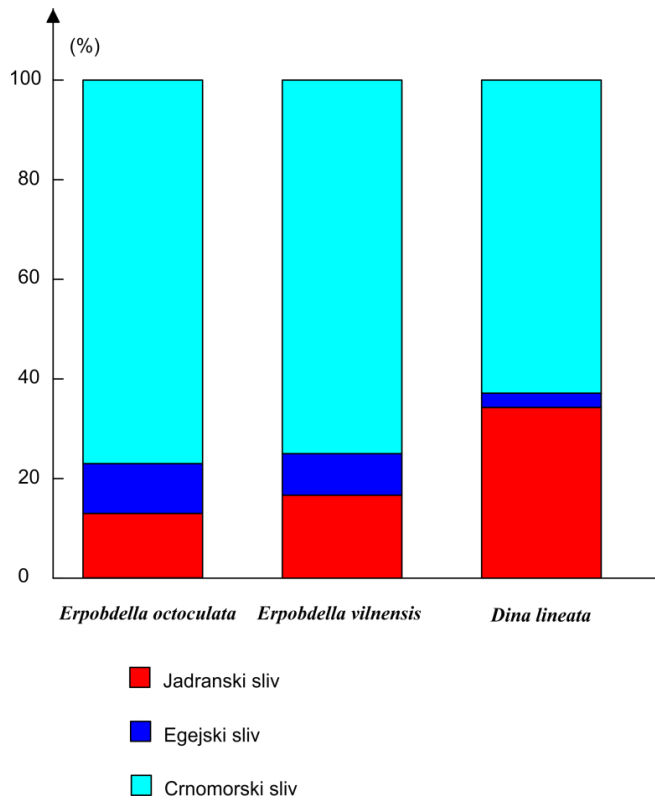
Analiza distribucija ove tri vrste u različitim tipovima vodnih tela predstavljena je na grafiku (Slika 23). Vrsta *E. octoculata* je zabeležena u svim tipovima vodnih tela. Za razliku od *E. vilnensis* i *D. lineata*, najčešće je nalažena u velikim ravničarskim rekama i stajaćim vodama (T1 i T2). Brzotekuće vode, male reke i potoci (T5 i T6) su najčešće naseljeni vrstom *D. lineata*.

## Rezultati

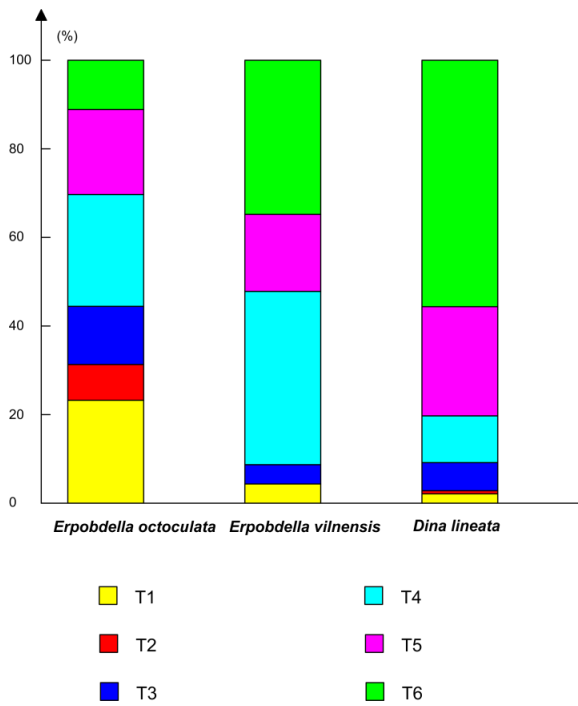
Tabela 5: Broj lokaliteta u tri sliva i u šest tipova vodnih tela na kojima je svaka od vrsta zabeležena.

Broj nalaza vrsta po morskim slivovima				
Sliv	Jadranski sliv	Egejski sliv	Crnomorski sliv	$\Sigma$
Vrsta				
<i>E. octoculata</i>	11	10	73	94
<i>E. vilnensis</i>	4	1	21	26
<i>D. lineata</i>	47	4	95	146
$\Sigma$	62	15	189	266
Broj nalaza vrsta po tipu vodnog tela				
Vrsta	<i>E. octoculata</i>	<i>E. vilnensis</i>	<i>D. lineata</i>	$\Sigma$
Tip				
T1	10	2	3	15
T2	22	0	1	23
T3	8	1	9	18
T4	13	8	15	36
T5	24	5	34	65
T6	17	10	79	109
$\Sigma$	94	26	146	266

## Rezultati

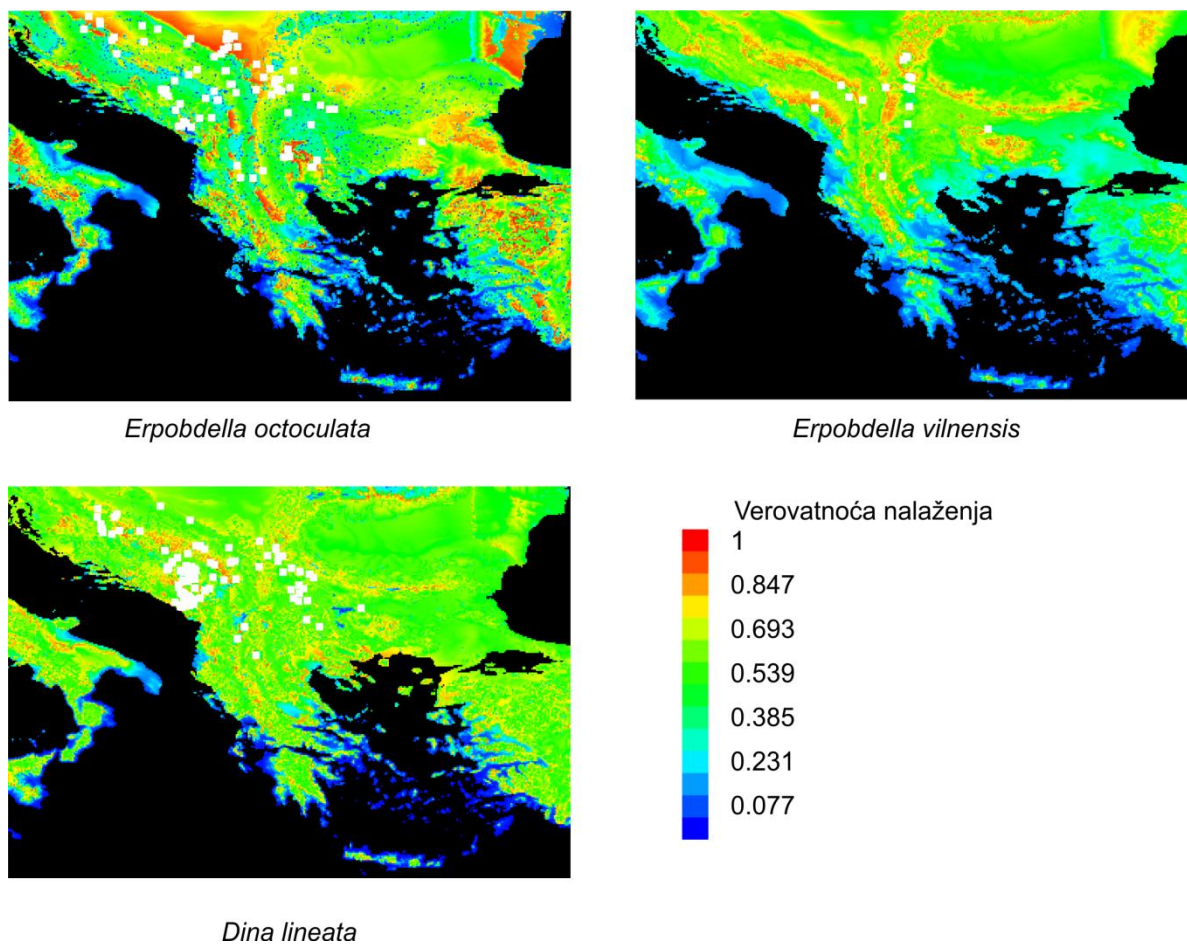


Slika 22: Raspored analiziranih vrsta u tri morska sliva



Slika 23: Raspored analiziranih vrsta u šest tipova vodnih tela

Na osnovu prethodnih rezultata urađena je modelovana distribucija analiziranih vrsta. Rezultati MaxEnt analize prikazani su na slici 24. Prema ovoj analizi vrsta *E. octoculata* preferira vodna tela u nizijama. Potencijalna distribucija *D. lineata* je uža i zauzima nešto veće nadmorske visine u poređenju sa *E. octoculata*. Vrsta *D. lineata* pokazuje preferenciju prema većim nadmorskim visinama i vodama koje se tu mogu naći kao što su izvori, potoci i planinske reke, dok ređe naseljava nizije i velike reke u njima (Dunavska dolina, dolina reke Marice (BG) i dolina Vardara (MKD)). Slučajevi kada se ova vrsta nalazi u nizijama povezuju se sa izvorskim staništima. U poređenju sa prethodne dve vrste *E. vilnensis* preferira staništa na većim nadmorskim visinama (iznad 400m). Ipak treba reći da ova vrsta ređe naseljava visokoplaninska područja (Slika 24).



Slika 24: Potencijalna (modelovana) distribucija vrsta dobijena korišćenjem programskog paketa MaxEnt

### 3.3.2. Ekološka diferencijacija najčešćih vrsta podreda Erpobdelliformes

Pored značajnog preklapanja distribucija analizirane vrste su negativno korelisane međusobno (Tabela 6). Vrsta *E. vilnensis* pokazuje vrlo male korelacije sa druge dve vrste (*E. octoculata*  $r=-0,145$ ; *D. lineata*  $r= -0,247$ ). Negativna vrednost korelacionog koeficijenta ( $r= -0,625$ ) između vrsta *E. octoculata* i *D. lineata* ukazuje na veliku kompetitivnu interakciju između ove dve vrste.



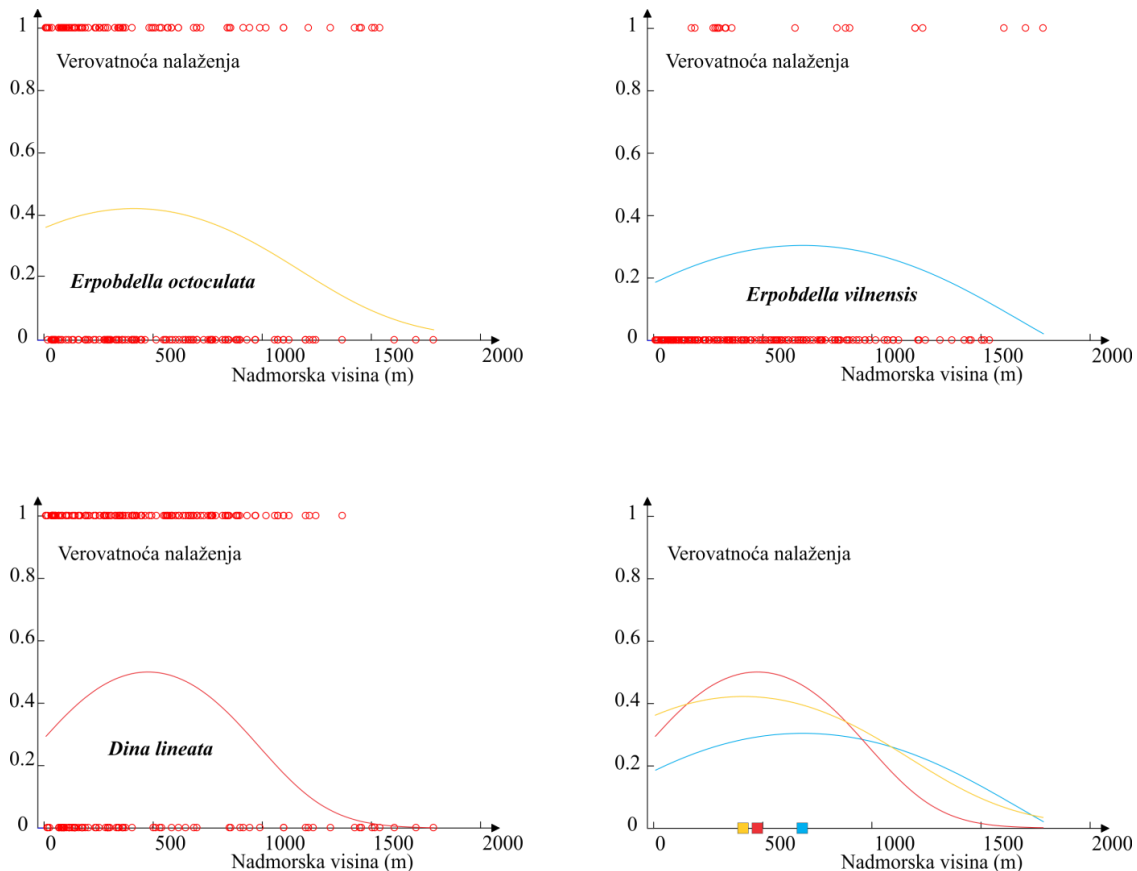
## Rezultati

Tabela 6: Pirsonov korelacioni koeficijent izemđu parova vrsta

	<i>E. octoculata</i>	<i>E. vilnensis</i>	<i>D. lineata</i>
<i>E. octoculata</i>	1	0.145 <sup>-</sup>	0.625* <sup>-</sup>
<i>E. vilnensis</i>	-	1	0.247 <sup>-</sup>
<i>D. lineata</i>	-	-	1

\* je obeležena statistički značajna vrednost

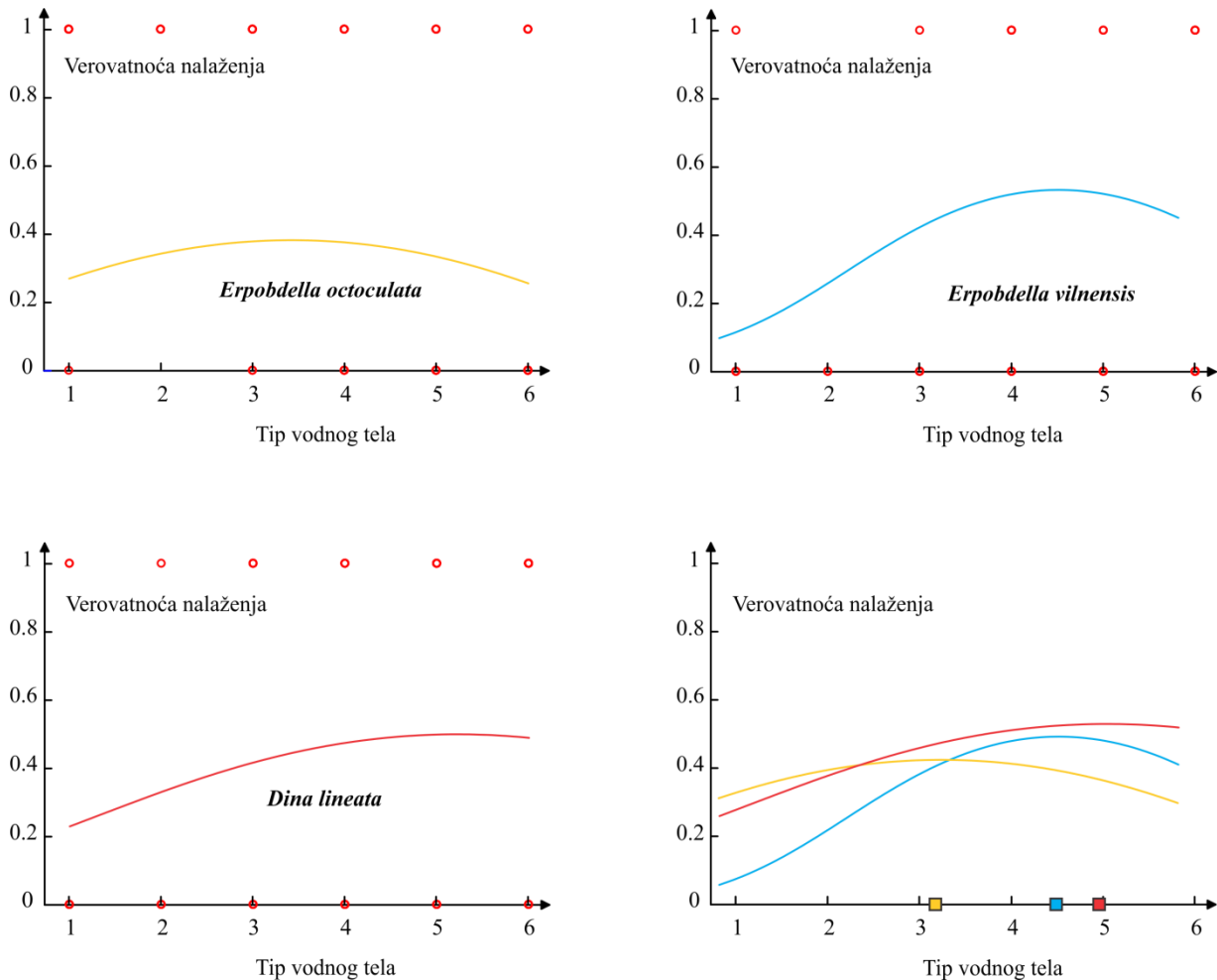
Rezultati Gausove logističke regresione analize prikazuju preklapanje distribucije vrsta duž visinskog gradijenta (slika 25). *D. lineata* i *E. octoculata* imaju slične optimalne vrednosti (Gausove krive) kada je nadmorska visina u pitanju (450mnv). U poređenju sa njima, rezultati analize pokazuju da je ekološki optimum za distribuciju vrste *E. vilnensis* na oko 600m nadmorske visine. Kada se ekološka tolerancija (izražena kao standardna devijacija Gausove krive) poredi između vrsta *D. lineata* i *E. octoculata*, drugo pomenuta vrsta pokazuje veću toleranciju. *E. vilnensis* pokazuje najveću toleranciju kada se posmatra nadmorska visina kao ekološki gradijent. Usled poklapanja distribucija, vrste *E. octoculata* i *D. lineata* su u intenzivnoj kompeticiji što pokazuje i negativan Pearsonov koeficijent korelacije.



Slika 25: Ekološka diferencijacija vrsta u odnosu na visinski gradijent. Gausove krive odgovora analiziranih vrsta prikazuju verovatnoću nalaženja vrsta duž visinskog gradijenta. Krugovi reprezentuju prisustvo (1) odnosno odsustvo (0) analiziranih vrsta na lokalitetu. Kvadrati predstavljaju optimalnu vrednost za svaku od vrsta.

## Rezultati

Rezultati Gausove logističko regresione analize preference vrsta u odnosu na gradijent vodnih tela predstavljen je na Slici 26. Ekološki optimum *E. octoculata* je tip 3, odnosno ova vrsta preferira veće pritoke velikih ravničarskih reka, koje karakteriše brzina toka između spore i srednje brze i rečno dno pokriveno nanosom fine do srednje granulacije. *E. vilnensis* preferira manje vodotoke sa bržim tokom (optimum 4,5), dok su vodna tela sa najbržim tokom naseljena vrstom *D. lineata* (optimum 5) (slika 26).



Slika 26: Ekološka diferencijacija vrsta u odnosu na gradijent vodnih tela. Krive odgovora analiziranih vrsta prikazuju verovatnoću nalaženja vrsta duž gradijenta. Krugovi reprezentuju prisustvo (1) odnosno odsustvo (0) analiziranih vrsta na lokalitetu. Kvadrati predstavljaju optimalnu vrednost za svaku od vrsta

Vrste *E. octoculata* i *D. lineata* pokazuju veliku ekološku tolerantnost, imaju široku ekološku krivu, kada su u pitanju tipovi vodnih tela. Uska ekološka tolerantnost je zabeležena kod vrste *E. vilnensis* kada se posmatraju tipovi vodnih tela. Vrsta je zabeležena samo u dva jezera a nije konstatovana u velikim rekama.

### 3.4 Analize zajednica pijavica u kojima se nalaze predstavnici podreda Erpobdelliformes, komponente diverziteta i ekološke preference

Analiza diverziteta i ekološke preference zajednice pijavica, u kojima se javljaju predstavnici podreda Erpobdelliformes, urađena je na ukupno 82 kraška izvora, na teritoriji Crne Gore, tokom dve sezone uzorkovanja (zima i leto). Lokaliteti su podeljeni u pet tipova ekosistema: pećinski izvori, sublakustrični, limnokreni, reol, imnokreni i reokreni tip. U 164 uzorka sakupljeno je ukupno 844 individue Hirudinea. Identifikovano je 18 taksona iz redova Rhynchobdellida i Arhynchobdellida. Zabeleženo je 9 rodova koji se svrstavaju u 4 familije.

Red Rhynchobdellida je zastupljen sa devet vrsta koje pripadaju familiji Glossiphoniidae većinom u sublakustričnim i limnokrenim izvorima. Najčešće zabeležena vrsta je *Placobdella costata* (Fr. Muller, 1846) koja naseljava sve tipove izvora. *Hemiclepsis marginata* (Muller, 1774) pretežno naseljava limnokrene izvore, dok su *Glossiphonia balcanica* Grosser and Pešić, 2016, *Glossiphonia paludosa* (Carena, 1824), *Alboglossiphonia heteroclita* (L., 1761) i *Alboglossiphonia striata* (Apáthy, 1888) zabeležene samo u sublakustričnim izvorima. *Glossiphonia concolor* (Apáthy, 1888) je zabeležena samo u jednom limnokrenom i u jednom pećinskom izvoru.

Podred Hirudiniformes je zastupljen sa dve vrste, *Hirudo verbana* Carena 1820 i *Haemopsis sanguisuga* (L., 1758). *H. sanguisuga* je bila najčešća pijavica u limnokrenim izvorima (frekvencija nalaženja  $F= 0,69$ ) a posle nje *P. costata* ( $F= 0,54$ ). *H. verbana* preferira limnokrene, reo-limnokrene i pećinske izvore.

Zabeleženo je sedam taksona iz podreda Erpobdelliformes. Tokom ovih istraživanja podvrsta *Dina lineata dinarica* Sket, 1968 je bila najčešće zabeležen takson. Naseljavala je više od 60% istraženih izvora u Crnoj Gori. Zabeležena je u svim tipovima izvora i bila je najčešća pijavica u reokrenim ( $F= 0,67$ ) i reo-limnokrenim ( $F= 0,7$ ) izvorima. *Erpobdella octoculata* (L., 1758) je nađena u svim sublakustričnim izvorima i po jednom u limnokrenom i reo-limnokrenom izvoru. Ostale vrste podreda Erpobdelliformes su retke i zabeležene su samo na nekoliko lokaliteta.

#### 3.4.1 Klasifikacija zajednica pijavica

Korišćena su dva pristupa za klasifikaciju zajednica pijavica. Prvi je razmatrao faunističku sličnost istraženih zajednica dok je drugi pristup a priori klasifikovao zajednice pijavica prema tipu izvora u kojima su zabeležene.

Odnos međugrupne varijanse sa varijansom unutar grupa (klastera) dobijenih K-means clustering metodom je prikazan u Tabeli 7. U slučaju tri grupe zajednica dobija se najveći odnos varijansi, odnosno tada grupe pokazuju najveću homogenost.

Tabela 7. Izbor optimalnog broja klastera (grupa) na osnovu odnosa međugrupne (MgV) i unutargrupne varijanse (UgV). Crvenom bojom je označena najveća vrednost ovog odnosa.

Nk	MgV	UgV	VR
2	0.2507	0.7834	0.3199
3	0.3491	1.0625	0.3286
4	0.3811	1.2854	0.2965
5	0.3947	1.5954	0.2474
6	0.4403	1.6718	0.2634

Rezultati

7	0.4824	1.7994	0.2681
8	0.5306	2.1432	0.2476
9	0.4983	2.1653	0.2301
10	0.5959	2.1378	0.2788

Prva grupa zajednica je predstavljena najčešćom vrstom *H. sanguisuga*, a uz nju su se često nalazile *H. verbana* i *E. vilnensis*. U ovoj grupi su uključene i vrste koje se retko javljaju kao što je *T. dalmatina*, *D. lineata montana*, *D. minuoculata* i *E. nigricollis*.

Dominantna vrsta u drugoj grupi zajednica je bila *P. costata*. Uz nju se javljaju i *G. complanata*, *G. balcanica*, *H. marginata*, *A. heteroclita*, *A. striata* i *E. octoculata*.

Gotovo jedini član treće grupe zajednica je *D. lineata dinarica*. Uz ovu pijavicu sporadično su se javljale *H. marginata*, *G. complanata* i *E. octoculata* (Tabela 8).

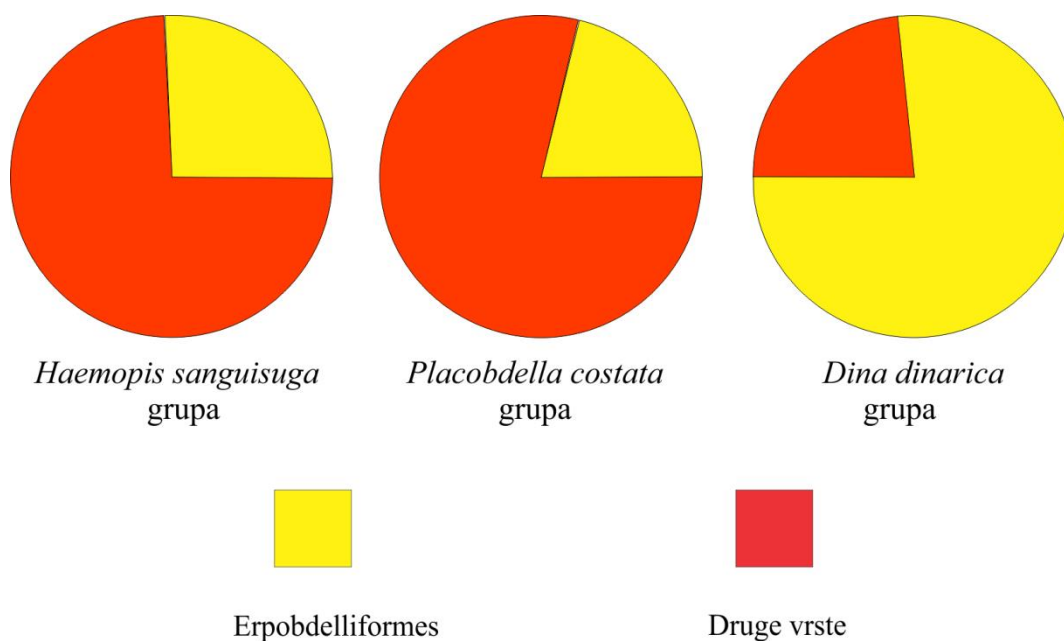
Tabela 8. Učestalost nalaženja (F= 0-1) vrsta u svakoj od tri grupe zajednica.

Vrsta	<i>Haemopsis sanguisuga</i> grupa	<i>Placobdella costata</i> grupa	<i>Dina dinarica</i> grupa
	F	F	F
<i>Haemopsis sanguisuga</i> (Hsa)	0.78	0.21	0.11
<i>Hirudo verbana</i> (Hve)	0.35	0.07	0.02
<i>Placobdella costata</i> (Pco)	0.22	0.93	0.11
<i>Dina lineata dinarica</i> (Dld)	0.09	0.29	1.00
<i>Erpobdella vilnensis</i> (Evi)	0.13	0.00	0.00
<i>Erpobdella octoculata</i> (Eoc)	0.00	0.21	0.02
<i>Erpobdella nigricollis</i> (Eni)	0.09	0.00	0.00
<i>Dina minuoculata</i> (Dmi)	0.04	0.07	0.00
<i>Dina lineata montana</i> (Dlm)	0.09	0.00	0.00
<i>Trocheta dalmatina</i> (Tda)	0.09	0.00	0.00
<i>Glossiphonia complanata</i> (Gcm)	0.04	0.07	0.05
<i>Alboglossiphonia heteroclita</i> (Ahe)	0.00	0.14	0.00
<i>Glossiphonia nebulosa</i> (Gne)	0.00	0.14	0.00
<i>Glossiphonia paludosa</i> (Gpa)	0.00	0.14	0.00
<i>Alboglossiphonia striata</i> (Ast)	0.00	0.14	0.00

## Rezultati

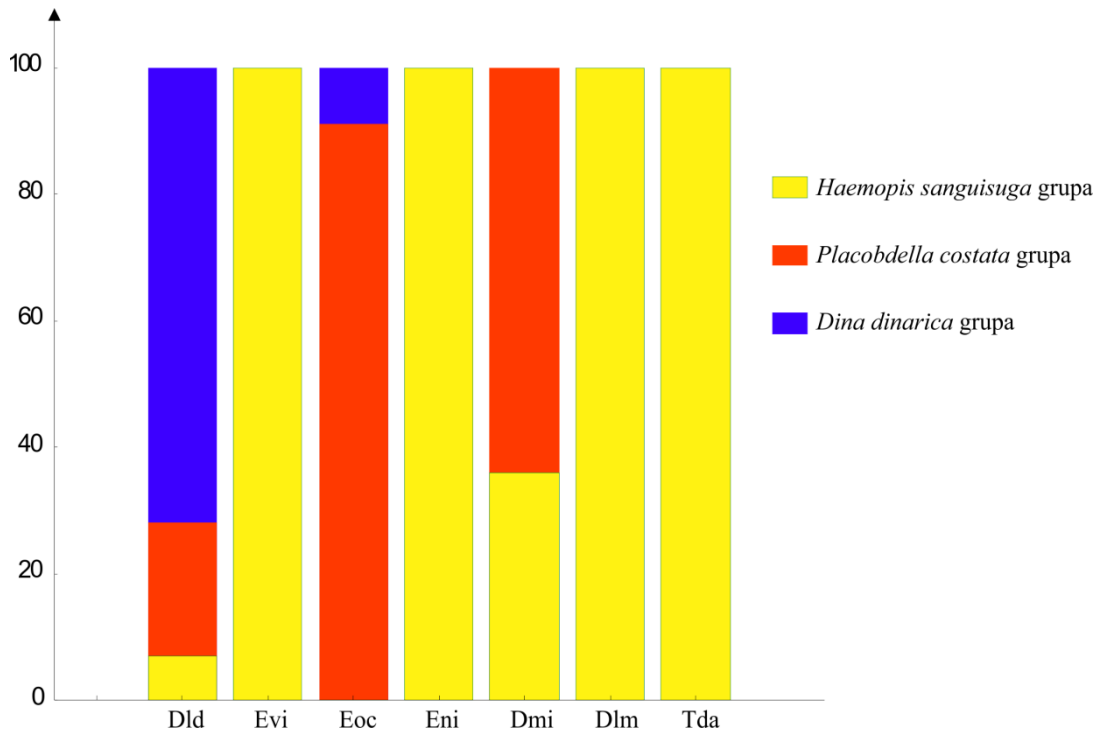
<i>Glossiphonia concolor</i> (Gcn)	0.09	0.00	0.00
<i>Glossiphonia balcanica</i> (Gba)	0.00	0.14	0.00
<i>Hemiclepsis marginata</i> (Hem)	0.04	0.14	0.02

Udeo predstavnika podreda Erpobdelliformes u tri grupe zajednica prikazan je na slici 27. Najveće učešće pokazuju u grupi *Dina dinarica*, a najmanju u grupi *Placobdella costata*. Podvrsta *D. lineata dinarica* je skoro isključivi član grupe *Dina dinarica* i retko se nalazi u drugim zajednicama pijavica. Vrsta *E. octoculata* se pretežno nalazi u zajednicama *Placobdella costata* grupe, ali je beležena i u zajednicama *Dina dinarica* grupe. Vrsta *D. minuoculata* je ujednačeno zastupljena u grupama zajednica *Placobdella costata* i *Haemopsis sanguisuga*. Vrste *E. vilnensis*, *E. nigricollis*, *T. dalmatina* i podvrsta *D. lineata montana* su isključivo beležene u zajednicama *Haemopsis sanguisuga* grupe (Slika 28).



Slika 27: Zastupljenost predstavnika podreda Erpobdelliformes u tri grupe zajednica pijavica

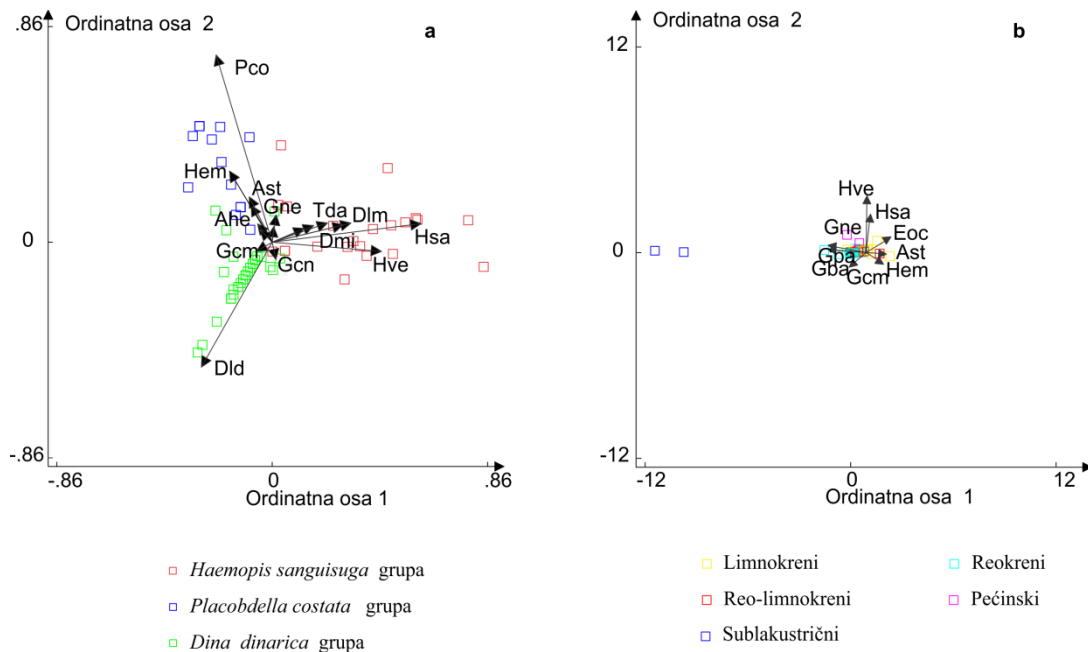
## Rezultati



Slika 28: Procentualno učešće predstavnika Erpobdelliformes u tri grupe zajednica pijavica

Pored podele zajednica prema faunističkoj sličnosti, zajednice su kategorisane prema tipu izvora u kome su zabeležene. Tako izdvojene grupe pokazale su mali odnos unutar-grupne i među-grupne varijanse ( $VR=0,0192$ ). Varijansa unutar tako dobijenih grupa je visoka, a varijansa između grupa je mala ( $0,0506$ ).

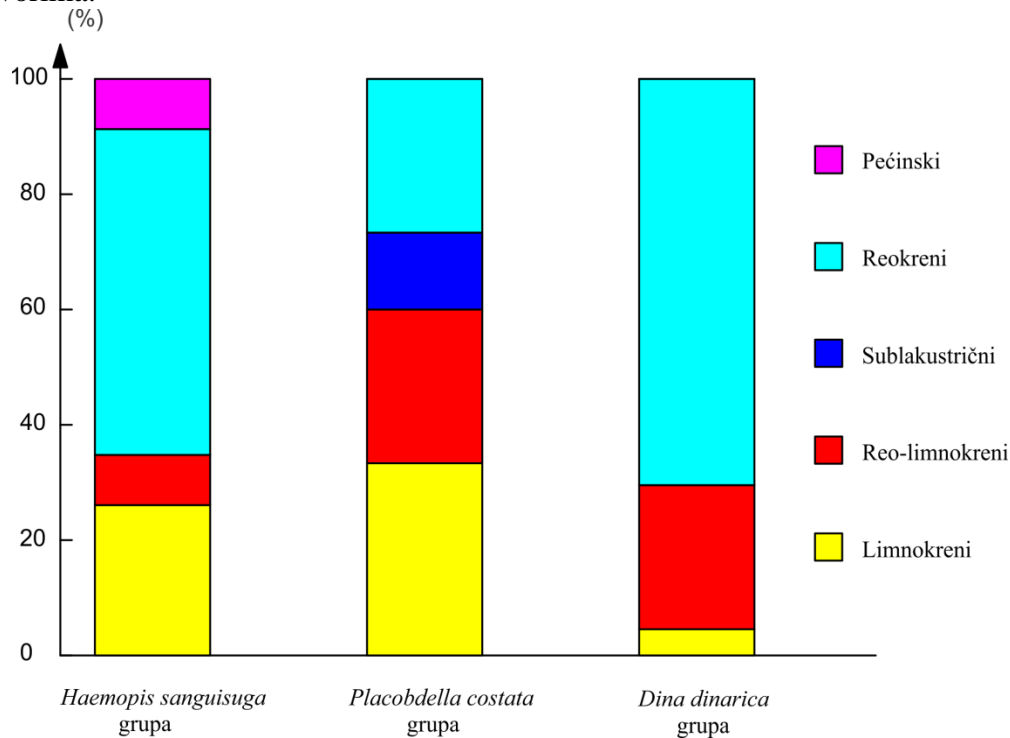
Rezultati LDA analize su prikazani na slici 29. Prvi grafik (Slika 29a) prikazuje kombinacije vrsta koje najviše doprinose razdvajanju grupa zajednica dobijenih na osnovu faunističke sličnosti. Drugi grafik (Slika 29b) prikazuje odnose grupa zajednica određenih na osnovu tipa izvora. Centroidi grupa se preklapaju sa izuzetkom sublakuštričnih izvora koji su izdvojeni.



## Rezultati

Slika 29: **a-** LDA analiza faunistički sličnih grupa zajednica pijavica (za kodove vrsta koji su prikazani na grafiku videti Prilog ).  
**b-** LDA analiza zajednica pijavica grupisanih na osnovu tipa izvora u kome su zabeležene.

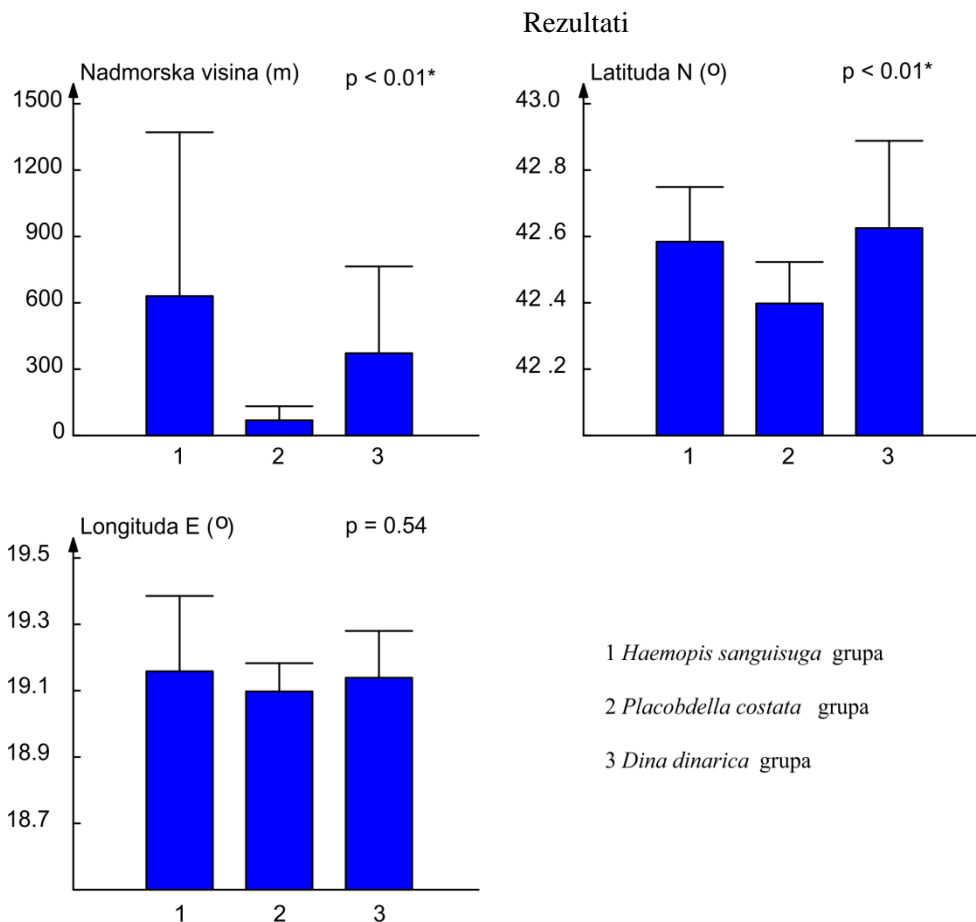
Odnos između faunističkih grupa pijavica i tipova izvora predstavljen je na Slici 30. *Placobdella costata* grupa naseljava četiri tipa izvora, većinom limnokrene, reo-limnokrene i sublakuštrične. Zajednice predstavljene *D. lineata dinarica* (*Dina dinarica* grupa) najčešće se javljaju u reokrenim i reo-limnokrenim izvorima, a treća grupa predstavljena vrstom *Haemopsis sanguisuga* ne naseljava sublakuštrične izvore ali se često javlja u limnokrenim i reokrenim izvorima.



Slika 30: Raspored tri grupe zajednica pijavica u različitim tipovima izvora

### 3.4.2 Zajednice pijavica - distribucija

Položaj izvora u kojima su nađene grupe zajednica pijavica, u odnosu na nadmorsku visinu se značajno razlikuje (Slika 31). *Placobdella costata* grupa se javlja na najnižim visinama (basen Skadarskog jezera). Izvori u planinskim regionima su najčešće naseljeni *Haemopsis sanguisuga* grupom, ali ove zajednice se nalaze i u nizijama i visokoplaninskim regionima. Pored toga što pokazuje najveće variranje kada je nadmorska visina u pitanju, *Haemopsis sanguisuga* grupa je najheterogenija po sastavu vrsta.



Slika 31: Geografska pozicija i nadmorska visina izvora u kojima žive tri grupe zajednica pijavica. Za svaku grupu je prikazana srednja vrednost(stubići) i varijansa (linije) altitude, latitude (N) i longitude (E).

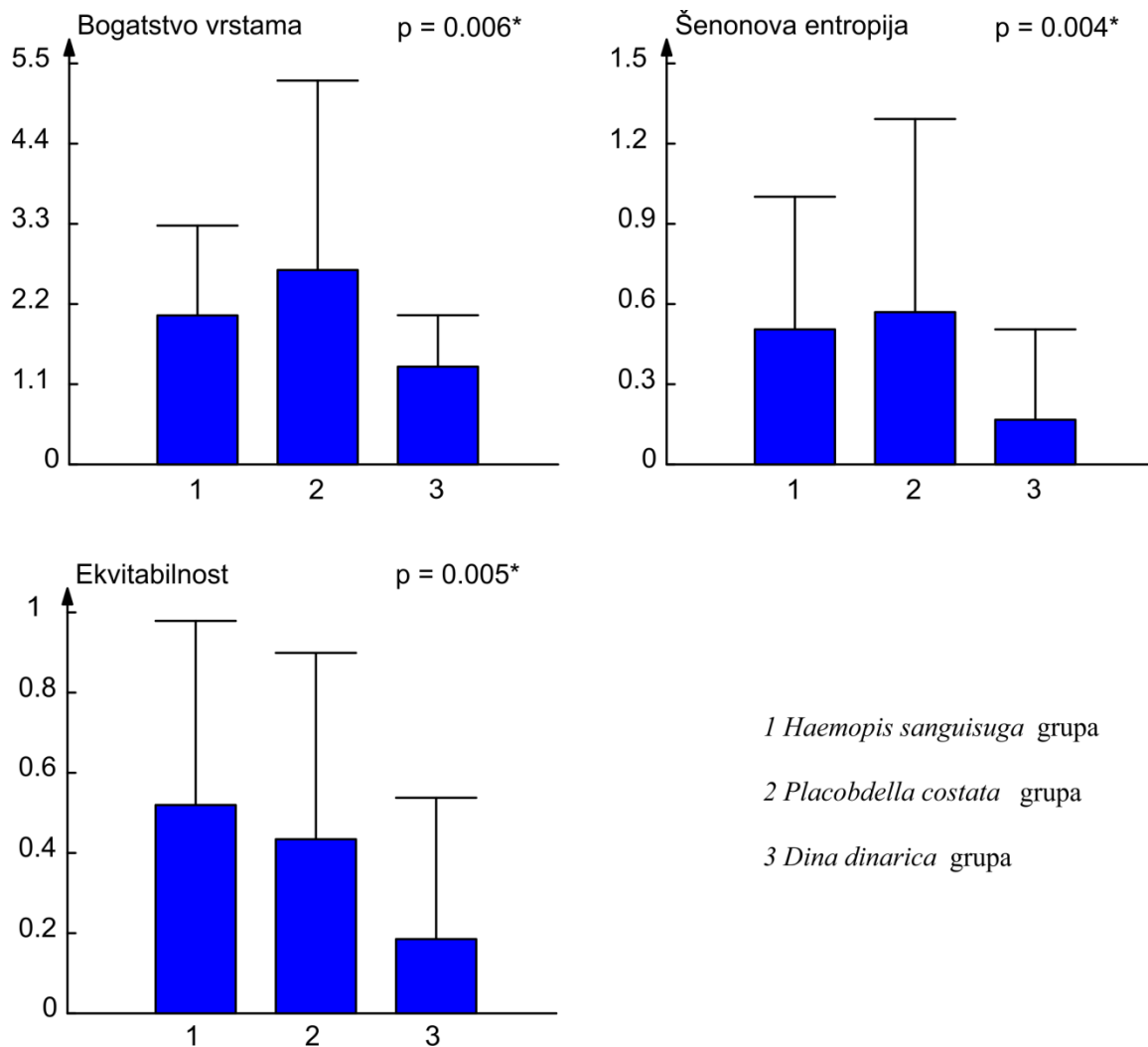
### 3.4.3 Zajednice pijavica - komponente diverziteta

Komponente diverziteta unutar zajednice (*alfa* diverzitet) analizirane su u svakoj od faunistički homogenih grupa zajednica pijavica. U odnosu na komponente *alfa* diverziteta tri grupe zajednica se značajno razlikuju (Slika 32). Zajednice siromašne vrstama u kojima dominira *D. lineata dinarica* su najčešće sačinjene od samo jedne vrste a u retkim slučajevima od tri vrste. U poređenju sa ovim zajednicama, zajednice u kojima dominiraju *P. costata* i *H. sanguisuga* sadrže znatno veći broj vrsta.

Najveći broj vrsta pijavica zabeležen je u *Placobdella costata* grupi zajednica. Ove zajednice su nalažene u izvorima sa najraznovrsnijim mikrostaništima (sublakustrični, limnokreni i reo-limnokreni izvori) koja pružaju veliki broj ekoloških niša koje omogućavaju veliko bogatstvo prisutnih vrsta. Ipak, ova grupa naseljava i reokrene izvore i u tim slučajevima je zajednica sačinjena od svega jedne ili nekoliko vrsta. Šenonova entropija i bogatstvo vrstama su pokazali slične trendove. Ujednačenost brojnosti vrsta (ekvitabilnost) zajednica se smanjuje od *Haemopsis sanguisuga* grupe do *Dina dinarica* grupe. Niska vrednost ekvitabilnosti *Placobdella costata* grupe može se objasniti uticajem zajednica koje nastanjuju reokrene izvore, a siromašne su vrstama.



## Rezultati

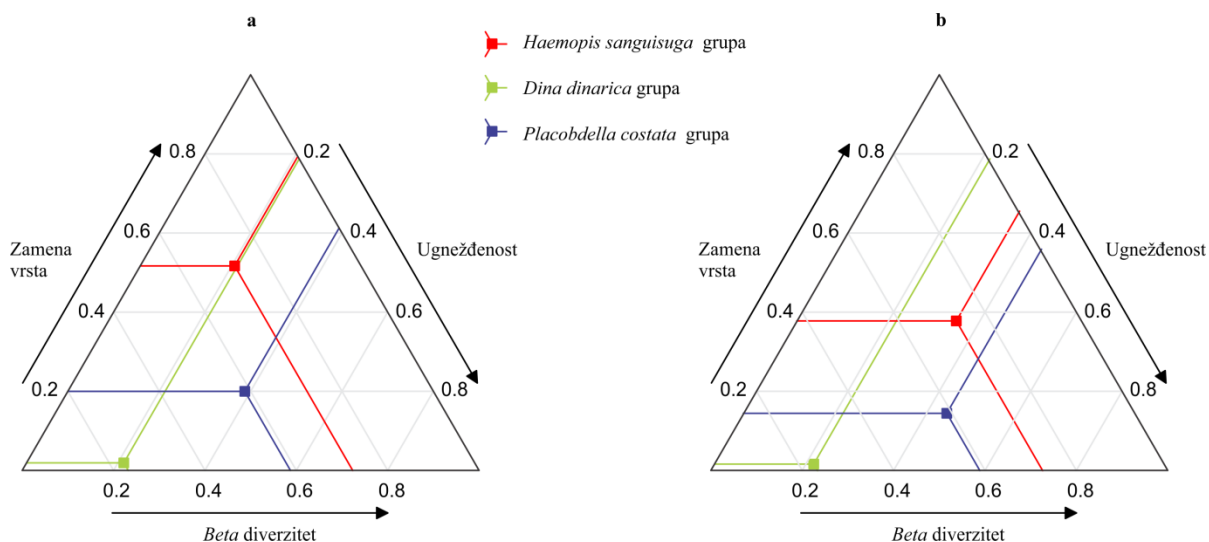


Slika 32: Komponente *alfa* diverziteta u zajednicama pijavica.

Ukupni *beta* diverzitet, kao i njegove komponente, određen je korišćenjem dva alternativna pristupa koja su dala u suštini iste rezultate. Prema pristupu opisanom od strane Podani i sar. (2013) kao i prema pristupu Baselga (2010), *beta* diverzitet raste od grupe *Dina dinarica* do *Haemopsis sanguisuga* grupe.

Kako bi se analizirali udeo ugnežđenosti i zamene vrsta u *beta* diverzitetu korišćen je ternarni plot (Slika 33). Najniže vrednosti kako ugnežđenosti tako i zamene vrsta pokazala je *Dina dinarica* grupa zajednica. Ugnežđenost (razlika u bogatstvu vrstama) je izraženija komponenta diverziteta u grupi zajednica kojima dominira *P. costata*, dok je zamena vrsta manja. Ovo pokazuje da je gubitak vrsta značajniji za *beta* diverzitet od zamene vrsta. Suprotni trendovi su zabeleženi u *Haemopsis sanguisuga* grupi zajednica.

## Rezultati



Slika 33: Komponente *beta* diverziteta u tri grupe zajednica pijavica. Prikazane su komponente diverziteta dobijene prema Baselga, 2010 (a) i Podani i sar., 2013 (b).

### 3.4.4 Uticaj sredinskih faktora na varijabilnost zajednica pijavica

Analiza uticaja sredinskih faktora na varijabilnost zajednica urađena je Forward selekcijom (FS). Rezultati su prikazani u Tabeli 9. Kao statistički značajne su se istakle sve geografske varijable (nadmorska visina, longituda, latituda). Fizička i hemijska svojstva vode, kiselost (pH), temperatura vode zabeležena u leto i u zimu, nisu pokazali statističku značajnost zbog malog variranja vrednosti. Najniža temperatura zabeležena u zimskom periodu bila je 6,9°C, najviša 13,4°C a prosečna temperatura je iznosila 10,4°C. pH vrednost se kretala od 6,92 do 7,59 (prosek 7,3). Od varijabli koje definišu podlogu (dno) izvora samo su se udeo peska (SAN) i udeo stena (ROC) istakle kao značajne. Pokrivenost mahovinama (MOS) je pokazala statističku značajnost za varijabilnost zajednica pijavica u izvorima. Varijable staništa, tip izvora i antropogeni uticaj, su se takođe pokazali kao značajan faktor. Ostale sredinske varijable nisu imale značajan uticaj na zajednice pijavica.

## Rezultati

Tabela 9: Rezultati napredne selekcije (Forward selection analysis, FS). \*predstavlja faktore sa statistički značajnim uticajem na varijabilnost zajednica.

Sredinske promenljive		F odnos	Verovatnoća
Prostorne varijable	E	8.072	0.001*
	Alt	3.584	0.001*
	N	2.483	0.016*
Parametri vode	pH	1.894	0.335
	T°C_z	2.375	0.126
	T°C_l	1.734	0.254
Podloga	SAN	2.873	0.010*
	ROC	2.733	0.040*
	GRA	1.742	0.270
	CLA	2.234	0.172
	STO	1.302	0.166
	ANM	1.352	0.110
Vegetacija	MOS	3.122	0.028*
	ALG	2.172	0.440
	MCP	1.857	0.265
Stanište	N/M	3.654	0.001*
	TOS	2.757	0.004*

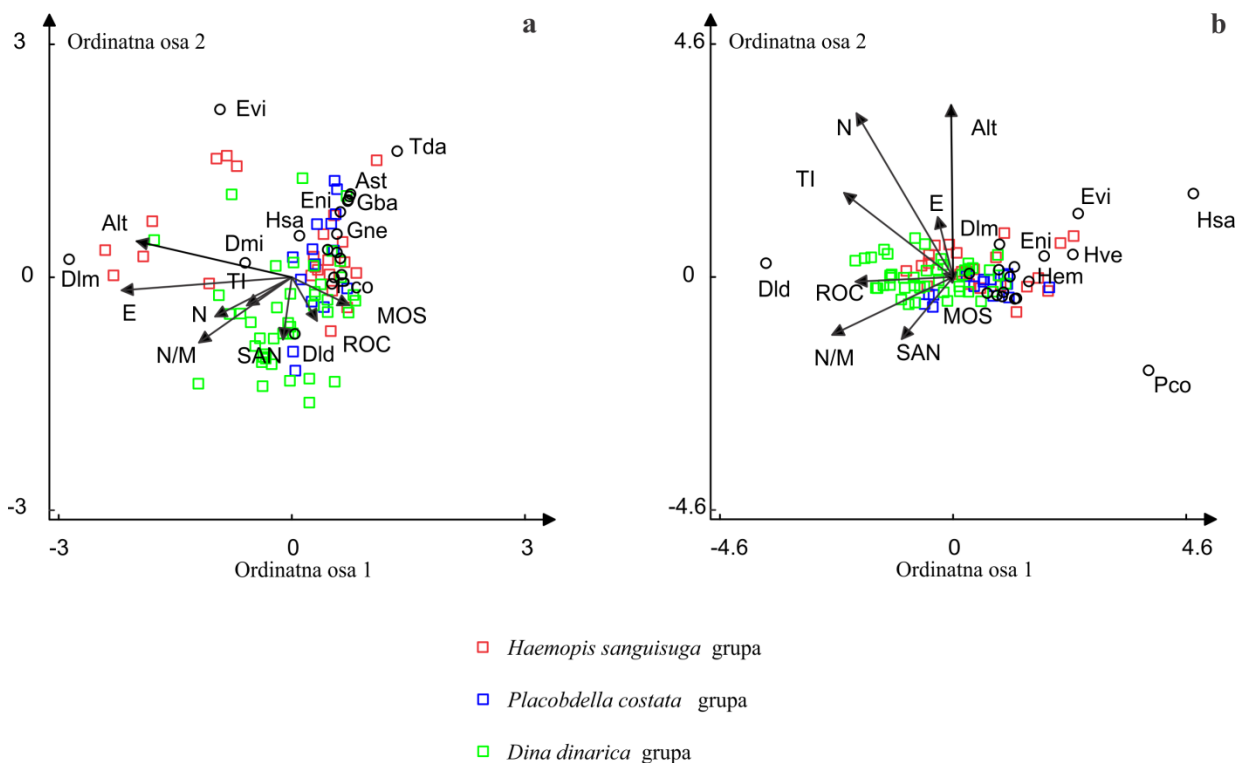
Legenda: E- longituda, N- latituda, Alt- nadmorska visina, pH- kiselost vode, T°C\_z- temperature zima, T°C\_l- temperature leto, SAN- pesak, ROC- stena, GRA- šljunak, CLA- glina, STO- kamen, ANM- neorganski mulj, MOS- mahovine, ALG- alge, MCP- makrofite, TI- tip izvora, N/M antropogeni uticaj (prisustvo modifikacija ili prirodno stanje).

Združeni efekat odabranih sredinskih faktora na faunističku varijabilnost zajednica određen je kanonsko korespondentnom analizom (CCA).

Prve dve glavne ose opisuju 52,4% varijabilnosti podataka. Sredinski faktori opisuju mali udeo ukupne varijabilnosti distribucije pijavica ( $R^2=0,307$ ). CCA analiza je istakla prostorne varijable, visinu i pružanje po geografskoj longitudi (E) (Slika 34a). *D. lineata montana* je zabeležena u dva subalpijska izvora (1800m nadmorske visine). Većina izvora u kojima su zabeležene *H. sanguisuga* i *E. vilnensis* se takođe nalazila na velikim nadmorskim visinama. Kanonsko korespondentna analiza je istakla ove izvore i zajednice u njima. Uticaj drugih sredinskih varijabli je bio znatno niži. Tip izvora je imao mali uticaj na diferencijaciju zajednica pijavica.

d-b RDA analiza podataka je potvrdila da je uticaj sredinskih faktora mali na varijabilnost distribucije pijavica ( $R^2=0,279$ ). Prve dve ordinatne ose opisuju 86% varijacije podataka (Slika 34b).

## Rezultati



Slika 34: **a-** Rezultati kanonsko korespondentne analize uticaja odabranih sredinskih faktora na zajednice pijavica

**b-** Rezultati d-b RDA analize uticaja odabranih sredinskih faktora na zajednice pijavica.

Alt- nadmorska visina, N- geografska širina (Latituda), E- geografska dužina (Longituda), N/M antropogeni uticaj (prisustvo modifikacija ili prirodno stanje), TI- tip izvora, ROC- kamen, SAN- pesak, MOS- mahovine

Kao i CCA, d-b RDA analiza je istakla značajnost vrsta *H. sanguisuga*, *E. vilnensis* i *D. lineata montana* i subalpijske izvore u kojima su zabeležene. Vektor koji predstavlja nadmorsku visinu (altituda) se pruža paralelno sa drugom glavnom osom, dok je CCA analiza ovaj vektor pozicionirala skoro paralelno sa prvom osom. d-b RDA analiza je dala nešto jasniju sliku uticaja drugih faktora (tip izvora, sastav dna, prisustvo modifikacija) na faunističku varijabilnost. Zajednice u kojima dominira *D. lineata dinarica* su se izdvojile od ostalih grupa (Slika 34).

### 3.5 Filogenetski odnosi vrsta podreda Erpobdelliformes

Filogenetski odnosi taksona iz podreda Erpobdelliformes analizirani su na osnovu 50 sekvenci (COI). Ispitivane sekvence su imale dužinu od 400 bp. Primećen je ujednačen raspored baza između ispitivanih sekvenci, osim sekvenci koji su korišćene kao spoljne grupe: *Xerobdella anulata* Autrum, 1958 i *Lumbricus terrestris* Linnaeus, 1758, terestrične pijavice iz fam. Xerobdellidae, odnosno fam. Lumbricidae. Pomoću spoljne grupe (eng. Outgroup) filogenetska stabla su „ukorenjena“ i činjenica da poseduje veće razlike u nukleotidnom sastavu od ispitivanih sekvenci, ukazuje na ispravan odabir spoljne grupe.

Za filogenetsku analizu korišćena je metoda najveće verovatnoće (Maximum Likelihood – ML), po modelu Hasegawa-Kishino-Yano (1985).

Dobijeno filogenetsko stablo haplotipova za COI mDNK prikazano je na slici 35.

## Rezultati

Na filogramu se jasno uočavaju četiri haplogrupe, od kojih svaka odgovara rodovima *Barbronia*, *Trocheta*, *Erpobdella* i *Dina*. Analizom ML metodom, pokazano je očekivano grupisanje zabeleženih haplotipova u haplogrupe prema važećoj taksonomskoj podeli.

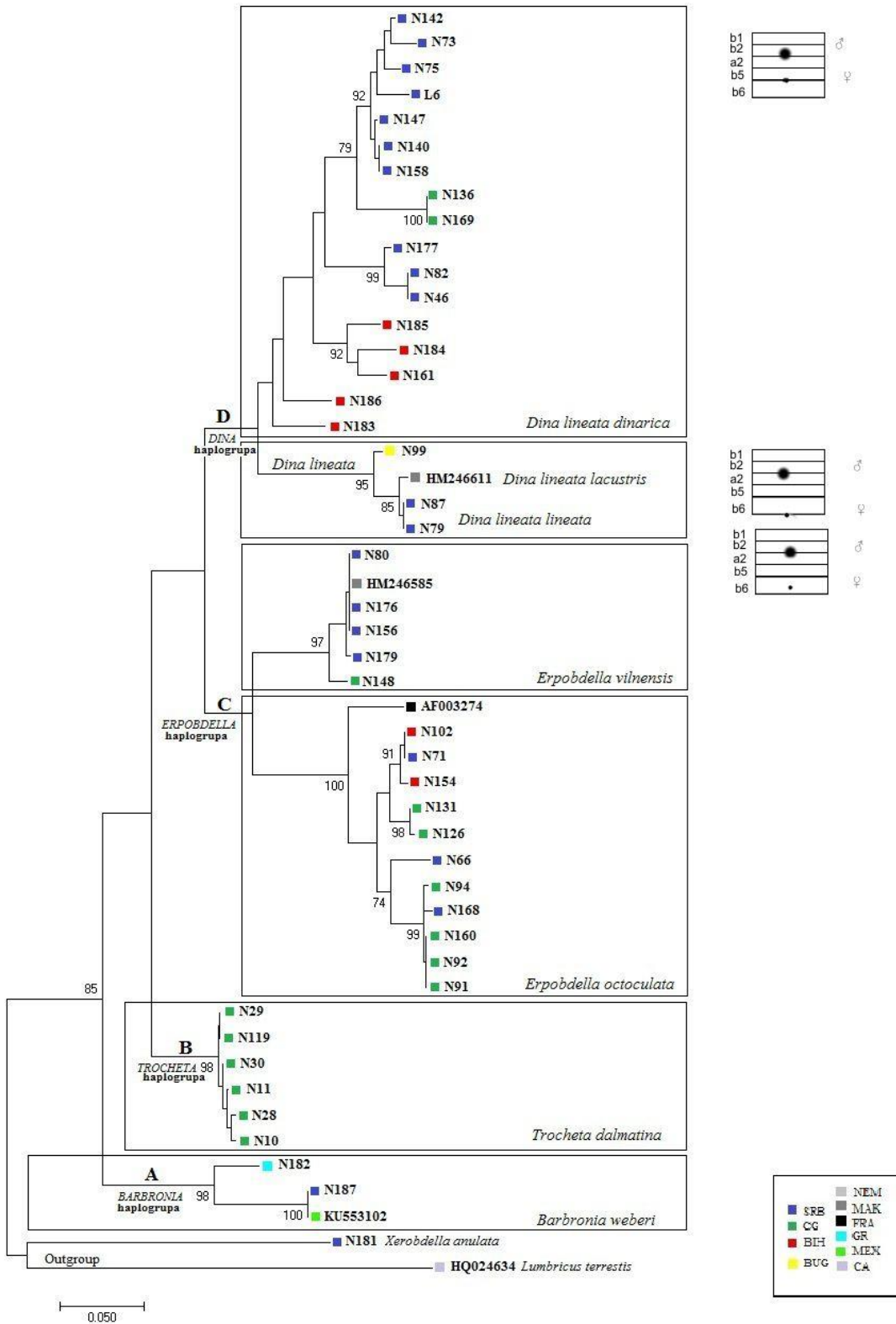
U okviru haplogrupe *Barbronia* (A) izdvajaju se dva klastera, jedan čini haplotip N182 jedinka koja pripada grčkoj populaciji vrste *Barbronia weberi*, dok drugi klaster grade haplotipovi N187 (SRB) i haplotip sekvence pruzete iz Banke gena (Meksiko). Dužina grana za analizirane haplotipove ukazuje na veliku sličnost među njima, što potvrđuje da se radi o alohtonij vrsti za analizirano područje istraživanja.

Haplogrupa *Trocheta* (B) obuhvata pet haplotipova koji odgovaraju vrsti *Trocheta dalmatina*. Male dužine grana za analizirane haplotipove ukazuju na veću sličnost među njima.

Haplogrupu *Erpobdella* (C) čine dva klastera koji odgovaraju vrstama *E.vilnensis* (3 haplotipa) i *E. octoculata* (9 haplotipova). *E. octoculata* izdvaja se u više haplotipova što odslikava genetički diverzitet analiziranih populacija (SRB, BIH, CG i FRA). Haplogrupa (D) sa najvećim brojem haplotipova (17) odgovara rodu *Dina*, odnosno vrsti *D. lineata*. Ova grupa je dalje podeljena u dva klastera, od kojih manji klaster odgovara podvrstama *D. lineata lineata* i *D. lineata lacustris*. Ovaj klaster koji sačinjavaju tri haplotipa veoma je podržan (95) u svom čvorištu. Jedan haplotip odgovara jedinkama koje su identifikovane kao podvrsta *D. lineata lineata* i pripadaju populaciji iz Srbije, dok drugi haplotip odgovara istoj podvrsti sa teritorije Bugarske. Treći haplotip odgovara podvrsti *D. lineata lacustris* sa teritorije Republike Severne Makedonije.

Drugi, veći, klaster haplotipova u okviru haplogrupe D, odgovara podvrsti *D. lineata dinarica*. U ovaj klaster grupisano je 14 haplotipova koji su dalje grupisani u manje klastere koji u određenoj meri odgovaraju geografskom poreklu populacija. Haplotip N136 i N69 čine dve jedinke iz reke Zete (Crna Gora). Dva klastera grupišu haplotipove populacije sa područja Srbije, dok poslednji klaster čini pet haplotipova sa područja Bosne i Hercegovine. Mali postotak divergencije na stablu u okviru pojedinačnih klastera haplotipova, govori nam o bliskosti jedinki sa istraživanim područja.

## Rezultati



Slika 35: Filogenetsko stablo haplotipova (COI) primenom ML metode; ■ Srbija (SRB), ■ Crna Gora (CG), ■ Bosna i Hercegovina (BIH), ■ Bugarska (BG), ■ Nemačka (NEM), ■ Severna Makedonija (MAK), ■ Francuska (FRA), ■ Grčka (GR), ■ Meksiko (MEX), ■ Kanada (CA).

## **4. Diskusija**

Uvidom u literaturne podatke i podatke sakupljene tokom ove studije jasno je da je fauna erpobdelida na Balkanskom poluostrvu veoma bogata. Pored vrsta sa širokim rasprostranjenjem u Evropi (zapadni Palearktiki), zastupljene su i brojne vrste i podvrste koje pokazuju endemski karakter. Tokom istraživanja zabeleženo je prisustvo vrsta iz tri roda koja su široko rasprostranjena u Evropi.

*Erpobdella octoculata*, jedna od najčešćih evropskih vrsta, redovno je beležena kako od strane drugih istraživača, tako i tokom istraživanja za potrebe ove studije. Vrsta pokazuje veliku ekološku plastičnost pa se nalazi u najrazličitijim vodama od planinskih jezera, preko brdskih tekućica, do velikih ravničarskih reka, kanala i bara. Kako je često konstatovana na mestima u blizini velikih naseljenih mesta (komunalnih ispusta) u velikom broju, jasno je da je ova pijavica otporna na negativan antropogeni uticaj i visoko organsko zagađenje što je u skladu sa podacima iz literature (Eliot i Mann 1979; Sawyer 1986; Kutschera 1983, 2003; Nesemann i Neubert, 1999).

Druga vrsta iz roda *Erpobdella* koja je beležena sa relativno velikom frekvencom jeste *E. vilnensis*. U literaturi je ova vrsta retko pominjana kada je područje Balkanskog poluostrva u pitanju. Publikacije koje se bave zajednicom makrozoobentosa je ne navode. Sket (1968) navodi nalaze iz Slovenije i iz Makedonije, dok za ostatak područja ne navodi nalaze. Grosser i sar. (2014a i 2015) navode prisustvo ove vrste u Srbiji i u Crnoj Gori. U Srbiji se većina nalaza vezuje za Peštersku visoravan a u Crnoj Gori za planinske izvore i potoke (Durmitor, Lukavica). Terenska istraživanja su pokazala njeno šire prisustvo i prvi nalaz za teritoriju Bosne i Hercegovine na prostoru NP Zelengora (Jugovo jezero). Treba reći da je ovaj nalaz geografski blizak nalazima sa Durmitora i okoline Šavnika (CG), pa se može pretpostaviti da ova vrsta naseljava još neke planinske predele Bosne i Hercegovine. Područje pešterske visoravni, reke Uvac i Uvačkog jezera, je takođe nastanjeno ovom vrstom, i može se pretpostaviti da vrsta ima šire rasprostranjenje u višim predelima zapadne Srbije i istočne Bosne i Hercegovine. Na istoku istraživanog područja vrsta je beležena u rekama što se donekle razlikuje od prethodno pomenutih izvora, potoka i planinskih jezera. *E. vilnensis* je beležena u slivu Južne Morave i u reci Mlavi. Dok je u slivu Južne Morave, nalažena sa drugim vrstama pijavica, u reci Mlavi je u više ponovljenih terenskih istraživanja na pet lokaliteta bila jedina zabeležena vrsta iz familije Erpobdellidae. Faktori koji u reci Mlavi favorizuju ovu vrstu u odnosu na druge vrste erpobdelida trebalo bi utvrditi kroz dodatna istraživanja. Kao što je već pomenuto u publikacijama koje se bave faunom dna u celini ova vrsta se ne pominje, što bi se moglo objasniti pogrešnom identifikacijom. Slučajevne pogrešne identifikacije ove vrste na području Evrope navodi više autora, u tim slučajevima je vrsta često identifikovana kao *D. lineata* zbog prisustva tamnih pruga na leđnoj strani tela (van Haareen i sar., 2004; Košel, 2014; Koperski, 2006)

U literaturnim podacima se relativno često beleži vrsta *E. testacea*, ali većina tih podataka vezuje se za istraživanja koja se bave faunom dna kao celom, a ne pijavicama kao glavnim subjektom istraživanja. Tokom terenskih istraživanja vrsta je zabeležena samo u Savi i Dunavu. Autori koji su publikovali preglede faune pijavica retko navode sopstvene nalaze već se zaključak o širokom rasprostranjenju vrste donosi na osnovu literaturnih podataka (Grosser i sar., 2014a, 2015, Živić i sar., 2017). Neslaganje u broju nalaza ove vrste se može objasniti na dva načina. Prvi bi bio smanjenje rasprostranjenja vrste usled pritisaka kako abiotičkih (antropogenog uticaja, zagađenja, narušavanja staništa), tako i biotičkih odnosno interakcije sa drugim vrstama. Drugo objašnjenje bi bilo da je ovakva slika o rasprostranjenju vrste *E. testacea* odnosno neslaganje nekih literaturnih podataka i terenskih istraživanja, posledica nedovoljno pouzdane identifikacije.

Sledeća vrsta iz roda *Erpobdella* koja je nađena na svega nekoliko lokaliteta jeste *E. nigricollis*. Vrsta je nađena u basenu Sakdarskog jezera što predstavlja njenu najjužniju tačku rasprostranjenja (Grosser i sar., 2014a). Sket (1968) nalaze ove vrste vezuje za reku Dunav i Panonsku niziju i navodi da je ova vrsta široko prisutna u centralnoj Evropi i zapadnom Sibiru. Grosser i sar. (2015) je beleže na području Zasavice i planine Beljanice. Nije lako izneti zaključak o rasprostranjenju ove vrste na području južno od Save i Dunava. Osobina koja karakteriše ovu vrstu jeste prisustvo tamnog prstena oko „vrata“ pijavice, ali pigmentacija se gubi ubrzo nakon smrti



jedinke. U tim situacijama je skoro nemoguće razlikovati vrstu *E. nigricollis* i *E. testacea*, pa je moguće da su neki nalazi greškom pripisani vrsti *E. testacea* ili drugim sličnim vrstama.

Rod *Dina* karakteriše visoka stopa endemizma na području Balkanskog poluostrva. Pored endemskih vrsta i podvrsta koje naseljavaju Ohridsko i Prespansko jezero (Sket, 1989, Nesemann i Neubert (1995; Trajanovski i sar., 2010) i visokoplaninska područja Crne Gore, Srbije i Makedonije a koje je opisao Sket (1968) na ovom području su, u bliskoj prošlosti, opisane nove vrste (Grosser i sar., 2007, 2014b, 2016). Jedna od tih novoopisanih vrsta je *Dina minuoculata* čije prisustvo je zabeleženo tokom ove studije, i do sada poznati areal, koji je zahvatao severne delove Crne Gore i Srbiju (Brodarevo), sada je proširen na planinu Taru (Srbija) i planinu Zelengoru (BIH). Za drugu novoopisanu vrstu iz ovog roda, *D. sketi* koja naseljava sliv reke Cvrčke u Bosni i Hercegovini postoje novi nalazi u slivu Crne rijeke (Dmitrović i Pešić, 2020), koji ukazuju da ova vrsta nije stenoendemit reke Cvrčke i da je areal ove vrste veći.

*Dina apathy*, vrsta koja se vezuje za basen Panonske nizije, zabeležena je samo na lokalitetima na reci Savi što je u skladu sa opisom rasprostranjenja ove vrste (Sket, 1968; Nesemann, 1993; Nesemann i Neubert 1999). Treba pomenuti podatak koji se vezuje za Sremske Karlovce i koji se može uzeti kao verovatan. Ovaj podatak navode Živić i sar., (2017) koji citiraju Mikuška, (1983). Podatak o prisustvu *D. punctata* kod ušća Tise u Dunav koji navode Tubić i sar. (2013) treba uzeti sa rezervom. Vrsta *D. punctata* naseljava gornji tok Dunava i odatle joj se areal širi na zapad do Francuske i Španije i severne Afrike, pa je stoga mala verovatnoća da se ona nađe u sektoru Dunava kroz Srbiju (Nesemann, 1993; Nesemann i Neubert 1994). Kako su ove dve prethodno pomenute vrste jako slične po spoljašnjim karakteristikama može se pretpostaviti da se ovaj nalaz *D. punctata* odnosi na *D. apathy*.

Vrsta *Dina lineata* sa svojim podvrstama ima veoma veliko rasprostranjenje na zapadnom Paleraktiku, koje se prostire od Velike Britanije do Irana (Grosser i sar., 2011b; Darabi-Darestani i sar., 2016). Na istraživanom području beležene su četiri podvrste *D. lineata*, pored *D. lineata lacustris* čiji nalazi se vezuju za literaturne podatke (Sket, 1968; Trajanovski i sar., 2010), u terenskim istraživanjima zabeležene su tri podvrste.

Pijavice koje su identifikovane kao *D. lineata lineata*, nominotipska podvrsta vrste *D. lineata*, zabeležene su na dva geografski udaljena lokaliteta u Srbiji i na jednom lokalitetu u reci Marici na teritoriji Bugarske. Sket (1968) nije mogao sa sigurnošću da kaže da li je na teritoriji Jugoslavije (SFRJ) prisutna nominotipska podvrsta *D. lineata lineata*. On navodi njeno prisustvo u nižim predelima Srbije. Grosser i sar., (2015) beleže vrstu na Peštorskoj visoravni, a Živić i sar. (2017) navode i podatke za Sitnicu, Ibar, Binačku Moravicu, planinu Kopaonik i Popučke (Valjevo). Naša dva nalaza ove podvrste potvrđuju prisustvo podvrste *D. lineata lineata* na teritoriji Srbije. Podvrsta je znatno manje prisutna od podvrste *D. lineata dinarica* i zaključak o njenom rasprostranjenju na ovim prostorima ne može se sa sigurnošću izvesti.

Druga podvrsta, *D. lineata montana*, zabeležena je samo na planini Komovi u Crnoj Gori. Kako prostor Prokletija, Šar planine i planinskih masiva severozapadne Makedonije, a koji ova vrsta naseljava (Sket, 1968), nije bio obuhvaćen ovom studijom, relativno mali broj nalaza ove podvrste je očekivan.

Treća podvrsta *D. lineata dinarica* se pokazala kao najčešći takson tokom ove studije. Njeno veliko rasprostranjenje i veliku frekvencu nalaženja navode i Sket (1968) i Grosser i sar., (2014a, 2015), pogotovu na području Dinarskog krasi. *D. lineata dinarica* najčešće naseljava izvorišne zone planinskih tekućica (Sket 1968) što se pokazalo i tokom ove studije, ali je beležena i u nižim predelima (basen Skadarskog jezera), i u većim rekama kako u Srbiji (Velika i Južna Morava i pritoke, Rasina, Moravica, Nišava...), tako i u Bosni i Hercegovini (Vrbas, Una, Sana, Bosna, Drina). Rezultati ove studije pokazuju da ona ima veće rasprostranjenje i da naseljava šire područje koje obuhvata veći deo centralne Srbije ali i Makedonije. Sket (1968) iznosi mišljenje da bi podvrsta *D. lineata dinarica* trebalo da bude tretirana kao zasebna vrsta, a njegov stav podržavaju i Grosser i sar. (2014a) i koriste ime *D. dinarica* za ovaj takson. Zaključak da populacije *D. lineata dinarica* treba tretirati kao zasebnu vrstu iznosi i Lokovšek (2008), na osnovu filogenetičkih analiza, u kojima je ova podvrsta jasno odvojena od podvrste *D. lineata lineata*. Kako ova

nejasnoća u vezi sa taksonomskim statusom nije još uvek potpuno razjašnjena, tokom ove studije korišćena je taksonomija po Sket (1968), a koju koriste i Nesemann i Neubert (1999), i stoga je korišćeno ime *D. lineata dinarica*.

Vrste *C. maestrovi* i *D. absoloni*, koje naseljavaju specifična staništa, kao što su pećinski sistemi, nisu zabeležene tokom ove studije jer ovakva staništa nisu bila obuhvaćena terenskim istraživanjima. Vrsta koja naseljava područje koje se naslanja na prostor Balkanskog poluostrva, *D. krasensis*, takođe nije zabeležena jer područje zapadne Slovenije i severozapadne Hrvatske koje ona naseljava nije istraživano.

Rod *Trocheta* kome se često pripisuje karakter semi-akvatičnog, ili amfibijskog načina života (Kutschera, 2010; Grosser 2000; Grosser i Kutschera, 2004; Nesemann i Neubert, 1999), je retko beležen tokom terenskih istraživanja, jer su ona pre svega bila upućena na tekuće i stajaće vode, a u daleko manjoj meri na vlažna staništa. Jedina vrsta koja je sa sigurnošću identifikovana jeste *Trocheta dalmatina* u izvorima i potocima u blizini Kotora. Uska zona uz obalu Jadranskog mora predstavlja jedino stanište ove vrste (Sket, 1968; Grosser i sar., 2014a). Kako bi se utvrdili faktori koji ovoj vrsti omogućavaju život u ovim malim vodotocima, kao i njen odnos sa drugim vrstama erpobdelida, potrebno je uložiti dodatne napore i sprovesti dodatna istraživanja sa posebnim osvrtom na ovu vrstu sa uskim rasprostranjenjem.

Pored autohtone evropske faune zabeleženo je prisustvo alohtone vrste iz familije Salifidae. *Barbronia weberi* je vrsta koja je u prethodnom periodu beležena u više zemalja Evrope a poslednji nalaz prijavljen je u Mađarskoj (Ludányi i sar., 2019). Kako veliki deo istraživanog područja pripada slivu reke Dunav koja pripada Južnom invazivnom koridoru (Paunović i sar., 2015; Zorić i sar., 2014) bilo je za očekivati širenje ove vrste i na ove prostore. Iako je vrsta zabeležena samo u jednom vodnom telu, Savskom jezeru, ne treba isključiti mogućnost da vrsta ima veće rasprostranjenje ali da još uvek nije detektovana odnosno identifikovana. Iako vrsta poseduje karaktere koji je jasno odvajaju od predstavnika familije Erpobdellidae, opšti spoljašnji izgled ove vrste je identičan njenim srodnicima iz familije Erpobdellidae, pa je u slučajevima rutinskog monitoringa lako moguće da se jedinke identifikuju kao jedna od autohtonih vrsta i na taj način prisustvo *B. weberi* bude prikriveno. Kako je ova vrsta detektovana u slivu reke Save moguće je očekivati njeno širenje uzvodno uz glavni tok a takođe i u pritoke. Sličnu tendenciju je pokazala alohtona vrsta planarije, *Girardia tigrina* (Ilić i sar., 2018). Iako je *B. weberi* dodeljen status invazivne vrste od strane Govedich i sar. (2003), njen uticaj na native populacije nije izražen kao što je to slučaj sa nekim invazivnim vrstama riba i rakova (Sket i Trontelj, 2007).

Kada se posmatraju rasprostranjenja i ekološke preference vrsta Erpobdelliformes na Balkanskom poluostrvu, jasno je da se vrste mogu odvojiti u dve grupe. Prvu grupu bi činile vrste sa jako malim arealom rasprostranjenja (endemične) ili sa veoma malom frekvencom nalaženja jer im ovaj prostor predstavlja granice poznatog areala. Drugu grupu bi činile tri vrste sa velikom frekvencom nalaženja i velikim arealom rasprostranjenja, kako na Balkanu tako i u Evropi pa i šire, i to su vrste *E. octocolata*, *E. vilnensis*, i *D. lineata*. Jedan od ciljeva ove studije bio je da se utvrde ekološke preference vrsta Erpobdelliformes i uticaj sredinskih varijabli na njihovu distribuciju. Kada dve ili više vrsta nastanjuje isto područje postavlja se pitanje, koji su to faktori, svojstva staništa ili različite ekološke niše koje vrste nastanjuju, a koje im to omogućavaju. Na osnovu prikupljenog materijala jasno je da tri najčešće beležene vrste imaju areale rasprostranjenja koji se u velikoj meri preklapaju. *E. octocolata* ima nešto širi areal od druge dve vrste i prostire se od dela reke Save u Slovenije sve do reke Marice (BLG) na istoku i Dojranskog jezera (MKD) na jugoistoku. Sve tri vrste pokazuju veliki raspon nadmorskih visina na kojima su zabeležene. Nešto više nadmorske visine preferira *E. vilnensis*, dok u poređenju sa njom vrste *D. lineata* i *E. octocolata* pokazuju tendenciju ka naseljavanju nešto nižih nadmorskih visina. Potencijalne distribucije analiziranih vrsta dobijene kroz MaxEnt analizu su u saglasnosti sa podacima sakupljenim kroz terenska istraživanja. Vrsta *E. octocolata* preferira veća vodna tela u nizijama. Ovakvi rezultati se slažu sa brojnim publikacijama koje opisuju ekologiju vrste i ističu preferenciju ove vrste prema  $\alpha$ -,  $\beta$ -mesosaprobnim i polisaprobim vodama sa smanjenim protokom (Nesemann

i Neubert, 1999; Koperski, 2010; Kubova i sar., 2013; Kubova i Schenkova, 2014; Neesemann i Moog, 2017).

Pored toga što se nalazi na nižim nadmorskim visinama, vrsta *D. lineata* izbegava velike vodotoke i stajaće vode. Većina nalaza ove vrste na nižim nadmorskim visinama vezuje se za izvore u basenu Skadarskog jezera i u okolini Podgorice. Većina nalaza ove vrste tokom terenskih istraživanja beležena je u izvorima i potocima na većim nadmorskim visinama. Ovakva staništa se ne navode kao tipično stanište *D. lineata* u centralnoj i severnoj Evropi (van Haaren i sar., 2004; Westendorff i sar., 2008; Bielecki i sar., 2011). Ako se ima u vidu da se najveći broj nalaza na Balkanskom poluostrvu vezuje za podvrstu *D. lineata dinarica*, a čije je tipično stanište prema Sketu (1968) krenalna zona tekućica, još jednom se dolazi do zaključka da je neophodno uložiti napore kako bi se utvrdio taksonomski status podvrsta vrste *D. lineata* na Balkanskom poluostrvu.

Kao što je već pomenuto, *E. vilnensis* preferira nešto veće nadmorske visine u poređenju sa druge dve vrste. Ipak, vrsta pored izbegavanja nizijskih područja izbegava i visokoplaninska staništa. Vrsta je zabeležena u svim tipovima vodnih tela osim u velikim ravničarskim rekama. Kada su jezerski ekosistemi u pitanju, vrsta je zabeležena samo dva puta, u Prespanskom jezeru (MKD), 840 mnv. i u Jugovom jezeru (BIH) 1540 mnv. Nalazi *E. vilnensis* na visinama ispod 400mnv. vezuju se za reke koje protiču kroz urbanizovana područja (Južna Morava, Nišava i Marica). Ove reke su izložene visokom antropogenom pritisku i opštoj degradaciji kvaliteta vode (Novaković, 2012; Savić i sar., 2013). Tolerancija mezosaprobni uslova je poznata osobina *E. vilnensis* (Neesemann i Moog, 2017; Cichočka i sar., 2015; Kazanci i sar., 2015). Može se zaključiti da je u ovom slučaju relativno veliki protok i nešto lošiji kvalitet vode predstavljao kombinaciju faktora koji pogoduju ovoj vrsti. U literaturi se nalaze brojni navodi preference vrste *E. vilnensis* prema manjim vodnim telima na većim nadmorskim visinama (Cichočka i sar., 2015; Neesemann i Csanyi, 1993; Utevski i sar., 2012).

Uprkos velikom preklapanju areala rasprostranjenja ovih vrsta one su negativno korelisane, što ukazuje na visok stepen kompeticije među njima. Kompeticija između *E. octoculata* i *D. lineata* je izražena usled velikog preklapanja distribucija duž visinskog gradijenta. Ipak, one su jasno razdvojene duž gradijenta tipova vodnih tela. Dok *E. octoculata* preferira velike ravničarske reke i njihove veće pritoke, koje odlikuje spor tok vode i fin nanos na dnu, *D. lineata* je dominantan takson u brzotekućim vodama sa čvrstom podlogom, kako u nizijama tako i na većim visinama.

I pored činjenice da se areali ovih čestih vrsta preklapaju kako na širem području Evrope, tako i na Balkanu, ove vrste retko nastanjuju ista vodna tela. Svaku vrstu odlikuje preferenca prema određenom tipu vodenog ekosistema, sa određenim karakteristikama, u kojima je ona favorizovana u odnosu na druge vrste. Retki slučajevi simpatrije ovih vrsta mogu se pripisati prisustvu adekvatnih mikrostaništa koje pružaju optimalne uslove za svaku od vrsta.

Beskičmenjaci koji žive na dnu vodenih ekosistema se koriste u praćenju kvaliteta površinskih voda i određivanju ekološkog statusa širom Evrope (Water framework directive, 2000). AQEM protokol (Aqem Consortium, 2002) je široko rasprostranjen u proceni ekološkog statusa i implementaciji Okvirne direktive o vodama EU. Veliki broj zemalja koje su obuhvaćene ovom studijom primenjuje ovaj protokol u praćenju kvaliteta svojih površinskih voda, ali nemaju nacionalne prilagođene protokole, za razliku od većine članica Evropske Unije (Paunović i sar., 2016). Imajući u vidu prethodno iznete činjenice o jasnom razdvajanju tri vrste prema tipu vodnog tela, jasno je da se one mogu koristiti kao dobar parametar za određivanje tipa vodnog tela kao i za određivanje ekološkog statusa. Ipak, ovo treba uzeti sa dozom opreza. Dok su autekološke preference *E. octoculata* i *E. vilnensis* iz AQEM protokola potpuno u skladu sa zabeleženim stanjem na prostoru Balkanskog poluostrva, to nije slučaj sa vrstom *D. lineata*. AQEM protokol navodi preferencu ove vrste prema epi- i meta-potamalnoj zoni reka. Ove zone su opisane kao gornji i srednji delovi toka nizijskih tekućica koje odlikuje usporen tok i dominacija finog nanosa na dnu (Radinger i sar., 2015). U odnosu na saprobni indeks prema Zelnika i Marvan *D. lineata* preferira  $\alpha$  -,  $\beta$ -mezosaprobne i polisaprobne vode (Moog i Hartman, 2017). Ovo je u koliziji sa rezultatima dobijenim u ovoj studiji, kada je vrsta *D. lineata* u pitanju. Ukoliko bi se ovakve indikatorske vrednosti za vrstu *D. lineata* koristile za procenu kvaliteta vode na ovom području

mogli bi se dobiti pogrešni rezultati. Zbog toga je neophodna izmena, odnosno prilagođavanje protokola, kako bi se ova vrsta mogla na adekvatan način koristiti u proceni kvaliteta vode.

Kada se posmatraju rezultati analiza zajednica pijavica koje grade predstavnici podreda Erpobdelliformes može se zaključiti da se većina predstavnika javlja u zajednicama koje odlikuje nisko bogatstvo vrstama (*Dina dinarica* grupa i *Haemopsis sanguisuga* grupa). Od ovog pravila odstupa vrsta *E. octocolata* koja se često javlja u zajednicama koje se nalaze u staništima sa sporijim protokom vode i prisustvom finijih frakcija u podlozi. Ove zajednice odlikuje veliki diverzitet vrsta iz familije Glossiphonidae, a pretežno stanište su im sublakuštrični, limnokreni i reolimnokreni izvori na nižim nadmorskim visinama. *Dina lineata dinarica* se retko javlja sa drugim vrstama osim u sublakuštričnim izvorima za koje se može pretpostaviti da pružaju veliki diverzitet mikrostaništa koje omogućava koegzistiranje velikog broja vrsta. Na većini ispitivanih lokaliteta *D. lineata dinarica* je jedina zabeležena pijavica. Ova vrsta se najčešće nalazi u reokrenim izvorima odnosno u izvorišnim zonama brdskih i planinskih tekućica koje predstavljaju tipično stanište ove podvrste prema Sket (1968).

Vrste *T. dalmatina*, *D. minuocolata*, *D. lineata montana*, *E. nigricollis* i *E. vilnensis* se nalaze u *Haemopsis sanguisuga* grupi zajednica. Ovu grupu nastanjuje veliki raspon nadmorskih visina što potencijalno pruža veliku raznovrsnost povoljnih ekoloških uslova za ove vrste. Vrsta *E. nigricollis* i *T. dalmatina* se vezuju za obalu Jadranskog mora i Skadarsko jezero, odnosno niže nadmorske visine, a na drugom kraju visinskog gradijenta se nalaze vrste *E. vilnensis* i *D. lineata montana* koje naseljavaju uglavnom reokrene izvore na planinama. Nalaz vrste *E. vilnensis* na visini od 1786 mnv kao i niz nalaza iznad 1000 mnv na Pešterskoj visoravni (SRB) i na planini Zelengori (BIH), su značajno viši od do sada beleženih podataka iz Ukrajine (960mnv Utevsky i sar., 2012) i Turske (900m Kazanci i sar., 2015). Faktor koji bi mogao da razdvaja ovu vrstu od slične vrste *E. octocolata*, mogla bi biti niža temperatura vode (Kubova i Schenkova, 2014).

Erpobdellidae su često nalažene u zajednicama koje nastanjuju modifikovane izvore koji su izmenjeni za ljudsku upotrebu ili za napajanje stoke. Najčešće je u ovim izvorima beležena *D. lineata dinarica*. Kanonska analiza glavnih koordinata i Forward selekcija su istakle značajnost prisustva odnosno odsustva modifikacija. Betonska ili drvena pojila za stoku sa ravnim i čvrstim dnom predstavljaju pogodno stanište za pijavice. Organska materija koja se nakuplja i usporeni protok vode mogu pogodovati grupama životinja (Oligochaeta i Chironomidae) koje su plen pijavicama (Adamiak-Brud i sar., 2018). Ipak, izmenjeni izvori su po pravilu u blizini naselja i izloženi su polutantima koji bi mogli narušiti kvalitet vode i staništa (Koperski, 2010).

Geografski položaj izvora, nadmorska visina kao i tip izvora imaju uticaj na distribuciju zajednica pijavica pa i na predstavnike Erpobdelliformes koji se u njima javljaju. Može se zaključiti da hidromorfološke odlike staništa imaju uticaja na rasprostranjenje pijavica, ali da najverovatnije biotički faktori imaju najveći uticaj. Tu se pre svega misli na prisustvo odgovarajućeg plena (Kubova i sar., 2013).

### Filogenetski odnosi vrsta u okviru podreda Erpobdelliformes

Taksonomija podreda Erpobdelliformes i familije Erpobdellidae je kroz istoriju često menjana, velike izmene vršene su u taksonomiji rodova *Dina*, *Erpobdella* i *Trocheta*. Savremene metode molekularno genetičkih analiza pokazale su da razlikovanje ova tri roda na osnovu segmentacije nije podržano filogenetskim analizama (Soós, 1966; Lukin, 1976; Siddall, 2002; Trontelj i Sket, 2000). Vrste kao što je *Dina krasense* (*Trocheta bykowskii krasensis*) i *Trocheta dalmatina* odlikuje segmentacija koja se vezuje za rod *Trocheta*, ali građa polnog sistema ih više približava rodu *Dina*. U slučaju vrste *Trocheta bykowskii krasensis* analize genskih sekvenci pokazale su da je ova vrsta filogenetski bliža vrstama koje su svrstane u rod *Dina*, i zbog toga je i predloženo novo ime za nju *D. krasensis* (Sket, 1968) od strane Trontelj i Sket (2000). Lokovšek (2008) navodi da se na osnovu filogenetskih analiza, vrsta *T. dalmatina* pozicionira bliže kladi *D. lineata* nego predstavnicima roda *Trocheta*. Suprotan slučaj se sreće kod vrste *Dina apathy* čiji

genitalni atrijum pokazuje karakteristike roda *Trocheta* sa svojim izduženim i neuvijenim kornuama, dok je segmentacija tipična za rod *Dina*.

Iako je jasno da rodovi *Trocheta*, *Dina* i *Erpobdella* ne predstavljaju monofiletske grupe, tradicionalna podela evropskih erpobdelida se još uvek koristi i karakteri za razlikovanje rodova su u velikoj meri validni.

Filogenetske analize predstavnika Erpobdelliformes su pokazale jasno odvajanje taksona identifikovanih na osnovu morfo-anatomskim karakterima. Na osnovu ovoga može se zaključiti da su ovi karakteri pouzdani za razlikovanje kako na nivou rodova, tako i na nivou vrsta pa i podvrsta.

Dve grupe u okviru *Dina* haplogrupe jasno su filogenetski odvojene. Velika grupa haplotipova koji odgovaraju podvrsti *D. lineata dinarica* iako varijabilni između sebe, jasno su odvojeni od drugih podvrsta *D. lineata*. Ovakvi rezultati analize genskih sekvenci za COI i 12S rRNK mogu se videti i kod Lokovšek (2008), gde haplotipovi *D. lineata dinarica* pokazuju geografsku grupisanost ali i jasno odvajanje od drugih podvrsta i vrsta iz roda *Dina*. Zbog takvih nalaza Lokovšek (2008) iznosi zaključak da bi takson *D. lineata dinarica* trebalo izdići na nivo vrste i predlaže novo ime *Dina dinarica* (Sket, 1968). Sa ovim zaključkom se slažu i Grosser i sar. (2015). Lokovšek (2008) pretpostavlja da je velika varijabilnost između haplotipova i njihova geografska grupisanost posledica alopatrijske specijacije, a koja se može objasniti geološkom prošlošću područja (Dinarida). Prema publikacijama koje se bave geološkom istorijom Balkana i Dinarskog područja, tokom Miocena se na ovim prostorima formiralo nekoliko jezerskih sistema (Krstić i sar., 2003; Pavelić, 2002; Prelogović i sar., 1975). Pretpostavka je da su za ove jezerske sisteme bile vezane populacije *D. lineata dinarica* koje su tokom kasnijih geoloških promena ostale izolovane.

Kako su se rezultati naše filogenetske analize kada je *D. lineata dinarica* u pitanju poklopili sa analizama sprovedenim od strane Lokovšek (2008), možemo još jednom izneti isti zaključak da je ova podvrsta zaseban takson koji se i morfološki i genetički razlikuje od *D. lineata lineata* i da treba biti nezavisno tretiran u taksonomiji. Identifikacija nekoliko jedinki kao podvrsta *D. lineata lineata* potvrđena je i molekularnim analizama. Ovime je još jednom pokazano da je ova podvrsta prisutna na području Balkana, ali su njena distribucija i brojnost znatno manje od podvrste *D. lineata dinarica* i vezuje se za područje Srbije i Bugarske. Lokovšek (2008) u svojoj studiji koristi jedinke *D. lineata lineata* sa teritorije Makedonije, ali tokom ove studije ova podvrsta nije zabeležena na tom području.

Velika genetička varijabilnost haplotipova *D. lineata dinarica* haplogrupe mogla bi biti osnova za nastanak kriptičnih taksona. Vrste *Dina sketi* bi mogla biti jedan takav takson, kao i vrsta *D. minuoculata*. Tokom genetičkih analiza sakupljenog materijala pokušana je izolacija genetičkog materijala iz jedinki *D. minuoculata*, ali su dobijene genske sekvence bile nedovoljnog kvaliteta za filogenetske analize. Za potpuno razjašnjenje filogenetske pozicije ove dve novoopisane vrste, i njihov odnos sa *D. lineata dinarica* kao i sa drugim vrstama iz podreda Erpobdelliformes, neophodna su genetička istraživanja po mogućstvu na više genskih lokusa. Isto bi važilo i za takson *D. lineata montana* i njegov odnos sa drugim podvrstama *D. lineata* i nedavno opisanom vrstom *D. prokletijaca*.

## **5. Zaključci**

Na osnovu sakupljenih podataka i izvršenih analiza može se zaključiti:

- da je fauna podreda Erpobdelliformes na zapadnom Balkanu veoma bogata,
- da su pored široko rasprostranjenih taksona prisutni i taksoni sa veoma uskim arealom rasprostranjenja,
- da vrsta *Erpobdella vilnensis* ima veće rasprostranjenje nego što se može zaključiti na osnovu literaturnih podataka,
- da Balkansko poluostrvo predstavlja granično područje rasprostranjenja za taksone *D. apathy*, *D. lineata lineata* *E. nigricollis*,
- da je takson *D. lineata lineata* prisutan na području Srbije sa malim učešćem u fauni erpobdelida Balkana,
- da većinu literaturnih podataka koji se vezuju za takson *D. lineata* treba pripisati taksonu *D. lineata dinarica*,
- da vrsta *E. testacea* nije česta i da veliki broj podataka koji se nalaze u literaturi treba pripisati nepouzdanom identifikaciji ili naglom smanjenju areala vrste usled biotičkih i abiotičkih faktora,
- da je na području Balkana prisutna invazivna vrsta *Barbronia weberi*, porodica Salifidae,
- da su morfološki i anatomske taksonomske karaktere pouzdani za identifikaciju predstavnika podreda Erpobdelliformes na Balkanskom poluostrvu,
- da su molekularne analize pokazale valjanost taksonomskih karaktere za identifikaciju,
- je tradicionalna podela na tri roda u okviru porodice Erpobdellidae podržana filogenetskim analizama,
- da svi analizirani rodovi i vrste predstavljaju zasebne filogenetske grupe,
- da su se potvrdila mišljenja Lokovšek (2008) i Grosser i sar., (2015) da *Dina lineata dinarica* predstavlja filogenetski i morfološki diferenciran takson od drugih podvrsta *Dina lineata* i da dalje treba da se koristi ime *Dina dinarica* (Sket, 1968),
- da je neophodno izvršiti filogenetske analize taksona *D. minuocolata*, *D. sketi*, *D. prokletijaca* i *D. lineata montana* kako bi se razrešili njihovi odnosi i taksonomski status,
- da se predstavnici podreda Erpobdelliformes retko sreću sa drugim vrstama pijavica u zajednici, izuzetak od pravila je *E. octocolata*,
- hidromorfološke karakteristike vodenih ekosistema i nadmorska visina imaju značajan uticaj na distribuciju pijavica, dok je uticaj fizičko hemijskih parametara vode znatno manji,
- da se široko rasprostranjeni taksoni jasno razlikuju u svojim ekološkim preferencama i mogu se pouzdano koristiti kao prediktori tipa vodnih tela i kao bioindikator kvaliteta vode.

## **6. Literatura**



- Adamiak-Brud, Ź., Jabłońska-Barna, I., Bielecki, A. and Kobak, J., 2018. Factors shaping leech (Clitellata, Hirudinida) assemblages on artificial and natural substrata in urban water bodies. *Limnologica*, 69, pp.125-134.
- Anderson, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Australian Ecology*, 26, 32–46.
- Anderson, M.J., 2005. Permutational multivariate analysis of variance. *Department of Statistics, University of Auckland, Auckland*, 26, pp.32-46.
- Aqem Consortium, 2002. Manual for the application of the AQEM system. *A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version, 1(02)*, p.2002.
- Apakupakul, K., Siddall, M.E. and Burreson, E.M., 1999. Higher level relationships of leeches (Annelida: Clitellata: Euhirudinea) based on morphology and gene sequences. *Molecular phylogenetics and evolution*, 12(3), pp.350-359.
- Augener, H., 1925. Blutegel von der Balkanhalbinsel. *Zoologischer Anzeiger* 62: 161–211.
- Augener, H., 1926. Nachtrag zur Blutegelfauna der Balkanhalbinsel nebst Bemerkungen über Egel aus anderen Gebieten. *Zoologischer Anzeiger* 68: 229–247.
- Augener, H., 1937. Hirudineen aus jugoslawischen Seen. *Festschrift zum 60. Geburtstag vom Embrik Strand* 2: 403–413.
- Barović, G., Spalević, V., Pešić, V. and Vujačić, D., 2018. The physical and geographical characteristics of the Lake Skadar Basin. In *The Skadar/Shkodra Lake Environment* (pp. 11-23). Springer, Cham.
- Baselga A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Glob Ecol Biogeogr* 19(1): 134-143.
- Bielecki, A., Cichocka, J.M., Jelen, I., Swiatek, P. and Adamiak-Brud, Z., 2011. A checklist of leech species from Poland. *Wiadomości Parazytologiczne*, 57(1).
- Blanchard R. 1905. Hirudineen aus Montenegro. *Sitzs-berKöniglBöhmGesWissPrag*, 1–3.
- Cichocka, J., Jabłońska-Barna, I., Bielecki, A., Buczyńska, E., Buczyński, P., Stryjecki, R. and Piķuła, D., 2015. Leeches (Clitellata: Hirudinida) of an upland stream: Taxonomic composition in relation to habitat conditions. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 44(2), pp.245-253.
- Coudun, C. and Gégout, J.C., 2006. The derivation of species response curves with Gaussian logistic regression is sensitive to sampling intensity and curve characteristics. *Ecological modelling*, 199(2), pp.164-175.
- Darabi-Darestani, K., Sari, A. and Sarafrazi, A., 2016. Five new records and an annotated checklist of the leeches (Annelida: Hirudinida) of Iran. *Zootaxa*, 4170(1), pp.41-70.
- Di Sabatino, A., Cicolani, B. and Gerecke, R., 2003. Biodiversity and distribution of water mites (Acari, Hydrachnidia) in spring habitats. *Freshwater Biology*, 48(12), pp.2163-2173.
- Dmitrović, D., Savić, A. and Pešić, V., 2016. Discharge, substrate type and temperature as factors affecting gastropod assemblages in springs in northwestern Bosnia and Herzegovina. *Archives of Biological Sciences*, 68(3), pp.613-621.
- Dmitrović, D. and Pešić, V., 2020. An updated checklist of leeches (Annelida: Hirudinea) from Bosnia and Herzegovina. *Ecologica Montenegrina* 29, pp 10-19
- Elliot, J.M. and Mann, K.H., 1979. A key to the British freshwater leeches. *Freshwater Biol. Assoc. Sci. Publ*, 40, pp.1-72.
- ESRI 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Fisher, R.A., 1936. The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of eugenics*, 7(2), pp.179-188.
- Greenacre, M.J., 2010. *Biplots in practice*. Fundacion BBVA.

- Grosser, C. (2000) Beschreibung von *Trocheta haskonis* n. sp. (Hirudinea, Erpobdellidae) aus Sachsen-Anhalt. *Lauterbornia*, 38, 29–36.
- Grosser, C. (2013) First record of *Trocheta haskonis* Grosser, 2000 (Hirudinea: Erpobdellidae) in Serbia. *Lauterbornia*, 76, 111–113.
- Grosser, C., 2015. Differentiation of some similar species of the subfamily Trochetinae (Hirudinida: Erpobdellidae). *Ecologica Montenegrina*, 2(1), pp.29-41.
- Grosser, C. (2019) Erstnachweis von *Trocheta pseudodina* (Hirudinida: Erpobdellidae) in Thüringen. *Lauterbornia* 86: 5-9
- Grosser, C. and Kutschera, U., 2004. Feeding behaviour and reproductive biology of the semiaquatic leech *Trocheta haskonis* (Hirudinea: Erpobdellidae). *Lauterbornia*, 52, pp.163-169.
- Grosser, C. and Pešić, V., 2005. First record of *Batracobdelloides moogi* (Hirudinea: Glossiphoniidae) in the Balkans. *Natura Montenegrina*, 4, pp.29-32.
- Grosser, C. and Eiseler, B., 2008. Beschreibung von *Dina pseudotrocheta* sp. nov. (Hirudinea: Erpobdellidae) aus dem deutsch-belgischen Grenzgebiet. *Lauterbornia*, 65, pp.27-41.
- Grosser, C., Moritz, G. and Pešić, V., 2007. *Dina minuoculata* sp. nov. (Hirudinea: Erpobdellidae) – eine neue Egelart aus Montenegro. *Lauterbornia*, 59, pp.7-18.
- Grosser, C., Hellwig, G. and Rößler, M., 2011a. Erstnachweis von *Dina pseudotrocheta* (Hirudinea: Erpobdellidae) in Sachsen. *Lauterbornia*, 72, pp.17-25.
- Grosser, C., Nesemann, H.F. and Pešić, V., 2011b. *Dina orientalis* sp. nov.—an overlooked new leech (Annelida: Hirudinea: Erpobdellidae) species from the Near and Middle East. *Zootaxa*, 2746(1), pp.20-24.
- Grosser C, Pešić V, Dmitrović D. *Dina sketi* n. sp., a new erpobdellid leech (Hirudinida: Erpobdellidae) from Bosnia and Herzegovina. *Zootaxa*. 2014b Apr 30;3793(3):393-7.
- Grosser, C., Pešić, V. and Gligorović, B., 2014a. A checklist of the leeches (Annelida: Hirudinea) of Montenegro. *Ecologica Montenegrina*, 2(1), pp.20-28.
- Grosser, C., Pešić, V. and Lazarević, P., 2015. A checklist of the leeches (Annelida: Hirudinida) of Serbia, with new records. *Fauna Balkana*, 2.
- Grosser, C., Pešić, V., Berlajolli, V. and Gligorović, B., 2016. *Glossiphonia balcanica* n. sp. and *Dina prokletijaca* n. sp. (Hirudinida: Glossiphoniidae, Erpobdellidae) – two new leeches from Montenegro and Kosovo. *Ecologica Montenegrina*, 8, pp.17-26.
- Grosser, C., Šukalo, G., & Pešić, V. (2018). Monster from the Vault: a new finding of one of the largest European leech *Trocheta haskonis* Grosser, 2000 from Bosnia and Herzegovina. *Ecologica Montenegrina*, 19, 69-72.
- Grosser, C. and Epshtein, V.M., 2009. Zum Artstatus des Egels *Trocheta danastrica* Stschegolew, 1938 (Annelida, Hirudinea: Erpobdellidae). *Lauterbornia*, 67, pp.77-91.
- Govedich, F.R., Bain, B.A., Burd, M. and Davies, R.W., 2003. Reproductive biology of the invasive Asian freshwater leech *Barbronia weberi* (Blanchard, 1897). *Hydrobiologia*, 510(1-3), pp.125-129.
- Hajdú, Z. ed., 2007. *Southeast-Europe: state borders, cross-border relations, spatial structures*. Centre for Regional Studies.
- Harding, W. and Moore, J.P., 1927. *The Fauna of British India, including Ceylon and Burma*.
- Hasegawa M., Kishino H., and Yano T. (1985). Dating the human-ape split by a molecular clock of mitochondrial DNA. *Journal of Molecular Evolution* 22:160-174.
- Hastie, T., Tibshirani, R. and Friedman, J., 2009. *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*. Springer Science & Business Media.
- Hijmans, R.J.; Cameron, S.E.; Parra, J.L.; Jones, P.G.; Jarvis, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* **2005**, 25, 1965–1978.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. and Yates, C.J., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions*, 17(1), pp.43-57.
- Ilić, M., Tubić, B., Marinković, N., Marković, V., Popović, N., Zorić, K., Raković, M.J. and Paunović, M., 2018. First report on the non-indigenous triclad *girardia tigrina* (Girard,

- 1850)(Tricladida, Dugesiidae) in Serbia, with Notes on its Ecology and Distribution. *Acta Zoologica Bulgarica*, 70(1), pp.39-43.
- Jaccard, P. 1912. The distribution of the flora in the alpine zone. *New Phytologist*, 11, 37–50.
- James, G., Witten, D., Hastie, T. and Tibshirani, R., 2013. *An introduction to statistical learning* (Vol. 112, pp. 3-7). New York: springer.
- James, S.W., Porco, D., Thibaud Decaëns, B.R., Rougerie, R. and Erséus, C., 2010. DNA barcoding reveals cryptic diversity in *Lumbricus terrestris* L., 1758 (Clitellata): resurrection of *L. herculeus* (Savigny, 1826). *PloS one*, 5(12).
- Jueg, U. and Grosser, C., *Erpobdellopsis graacki* n. gen., n. sp.—a peculiar leech from Spain (Annelida, Hirudinida: Erpobdellidae). *Lauterbornia* 84: 69-87
- Karadžić, B., 2013. FLORA: a software package for statistical analysis of ecological data. *Water Research and Management*, 3(1), pp.45-54.
- Kazancı, N., Ekingen, P.I.N.A.R., Dügel, M. and Türkmen, G.E.N.C.E.R., 2015. Hirudinea (Annelida) species and their ecological preferences in some running waters and lakes. *International journal of environmental science and technology*, 12(3), pp.1087-1096.
- Kerovec, M., Kučinić, M. and Jalžić, B., 1999. *Croatobranchnus mestrovi* sp. n.—predstavnik nove endemske podzemne vrste pijavica (Hirudinea, Erpobdellidae). *Speleolog*, 44, 45, pp.35-36.
- Koperski, P., 2006. Relative importance of factors determining diversity and composition of freshwater leech assemblages (Hirudinea; Clitellata): a metaanalysis. *Archiv für Hydrobiologie*, 166(3), pp.325-341.
- Koperski, P., 2010. Urban environments as habitats for rare aquatic species: The case of leeches (Euhirudinea, Clitellata) in Warsaw freshwaters. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 40(3), pp.233-240.
- Košel, V., 2004. Taxonomical position of two species of *Trocheta* (Hirudinea) described from Central Europe. *Biologia*, 59(15), pp.25-28.
- Košel, V. Checklist of Hirudinea of the Czech Republic. *Acta Musei Morav. Sci. Biol.* **2014**, 99, 1–14
- Krstic N., Savic L., Jovanovic G., Bodor E. 2003. Lower miocene lakes of theBalkan peninsula. *Acta Geologica Hungarica*, 46(3): 291-299
- Kubová, N., Schenková, J. and Horsák, M., 2013. Environmental determinants of leech assemblage patterns in lotic and lenitic habitats. *Limnologica*, 43(6), pp.516-524.
- Kubová, N. and Schenková, J., 2014. Tolerance, optimum ranges and ecological requirements of free-living leech species (Clitellata: Hirudinida). *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*, 185(2), pp.167-180.
- Kumar S., Stecher G., and Tamura K. (2015). MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution* (submitted).
- Kutschera, V.U., 1983. Dichteregulation durch intraspezifische Kokonzerstörung und Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie beim Egel *Erpobdella octoculata* L.(Hirudinea: Erpobdellidae). *Zool. Jb. Syst*, 110, pp.17-29.
- Kutschera, U., 2003. The feeding strategies of the leech *Erpobdella octoculata* (L.): a laboratory study. *International Review of Hydrobiology: A Journal Covering all Aspects of Limnology and Marine Biology*, 88(1), pp.94-101.
- Kutschera, U., 2010. A new leech species from Southern Germany, *Trocheta intermedia* nov. sp.(Hirudinea: Erpobdellidae). *Lauterbornia*, 70, pp.1-9.
- Kutschera, U., 2012. The *Hirudo medicinalis* species complex. *Naturwissenschaften*, 99(5), pp.433-434.
- Legendre P. and M. J. Anderson 1999. Distancebased redundancy analysis: testing multispecies responses in multi-factorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69, 1–24
- Lokovšek, T., 2008. Filogenija in Filogeografija Pijavke *Dina lineata* (Hirudinea) na Dinarskem Krasu, Phylogenie and Phylogeography of Leech *Dina lineata* (Hirudinea) on Dinaric Karst. *Diplomsko Delo. Ljubljana: Universa v Ljubljani Biotehniška Fakulteta Oddelek za Biologijo.*

- Ludányi, M., Balla, D., Mueller, Z., & Kiss, B. (2019). The first occurrence of *Barbronia weberi* (Blanchard, 1897)(Hirudinea: Arhynchobdellida: Erpobdelliformes: Salifidae) in Hungary. *BioInvasions Records*, 8(3), 633-639.
- Lukin, E., 1976. Pijavki. *Fauna SSSR*, 1, pp.1-484.
- MacArthur, R.H., 1984. *Geographical ecology: patterns in the distribution of species*. Princeton University Press.
- MacQueen, J., 1967, June. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In *Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability* (Vol. 1, No. 14, pp. 281-297).
- Mann, K.H., 1952. A revision of the British leeches of the family Erpobdellidae, with a description of *Dina lineata* (OF Muller, 1774), a leech new to British fauna. In *Proceedings of the Zoological Society of London* (Vol. 122, No. 2, pp. 395-405).
- Mann, K.H., 1959. On *Trocheta bykowskii* Gedroyé, 1913, a leech new to the British fauna, with notes on the taxonomy and ecology of other Erpobdellidae. In *Proceedings of the Zoological Society of London* (Vol. 132, No. 3, pp. 369-379).
- Mann, K.H., 1962. *Leeches (Hirudinea): their structure, physiology, ecology and embryology* (Vol. 11). Pergamon press, New York .
- Matvejev, S.D. and Puncer, J.J., 1989. Map of Biomes-Landscapes of Yugoslavia. Special issue 36. *Natural History Museum, Belgrade*.
- Milačić, R., Ščančar, J. and Paunović, M. eds., 2014. *The Sava River* (Vol. 31). Springer.
- Miller, A.J., 1984. Selection of subsets of regression variables (with discussion). *JR Statist. Soc. A*. 147, part2, 398-425. Miller2398147J. *R. Statist. Soc.*
- Moog, O.; Hartmann, A. *Fauna Aquatica Austriaca*, 3rd edition A Comprehensive Species Inventory of Austrian Aquatic Organisms with Ecological Notes; Abt. IV/3, Stubenring 1, A-1010; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Vienna, Austria, 2017.
- Moore, J.P., 1912. The leeches of Minnesota. Part III. Classification. *Zool. Series J.*, pp.68-150.
- Nesemann, H., 1993. Identification key to the Hungarian leeches of the subfamily Trochetinae Pawlowski, 1956, with notes on systematics of the subfamily Erpobdellinae Blanchard, 1894 (Hirudinea). *Annls. hist.-nat. Mus. natn. hung*, 85, pp.19-35.
- Nesemann, H. and Csanyi, B., 1993. On the leech fauna (Hirudinea) of the Tisza river basin in Hungary with notes on the faunal history. *Lauterbornia*, 14, pp.41-70.
- Neubert, E. and Nesemann, H., 1995. Contribution to the knowledge of the genus *Dina* Blanchard, 1892 (Hirudinea: Erpobdellidae). *Hydrobiologia*, 315(2), pp.89-94.
- Nesemann H, and Neubert E. 1999. Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Bd. 6, Annelida, 2, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea, *Spektrum Akademischer Verlag*, Heidelberg, Berlin, 178 p.
- Nesemann, H.F.; Moog, O. *Hirudinea*. In *Fauna Aquatica Austriaca*, 3rd edition A Comprehensive Species Inventory of Austrian Aquatic Organisms with Ecological Notes; Abt. IV/3, Stubenring 1, A-1010; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Vienna, Austria, 2017.
- Neubert, E. and Nesemann, H., 1999. Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea. *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*, 6(2), p.187.
- Novaković, B., 2012. Indicative ecological status assessment of the Južna Morava River based on aquatic macroinvertebrates. *Water research and management*, 2(4), pp.45-50.
- Oceguera-Figueroa, A., Phillips, A.J., Pacheco-Chaves, B., Reeves, W.K. and Siddall, M.E., 2011. Phylogeny of macrophagous leeches (Hirudinea, Clitellata) based on molecular data and evaluation of the barcoding locus. *Zoologica Scripta*, 40(2), pp.194-203.
- Oka A. (1923) Sur les deux genres *Mimobdella* Blanchard et *Odontobdella* nov. gen. *Annotationes Zoologicae Japonenses* 10: 243-252
- Paunović, M., Csányi, B., Simonović, P. and Zorić, K., 2015. Invasive alien species in the Danube. In *The Danube River Basin* (pp. 389-409). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Paunović, M., Grošel, S., Milačić, R., Grđan, S., Zuliani, T., Vidaković, I., Vučković, I., Jelena, V., Ščančar, J., Makovinska, J. and Elexová, E.M., 2016. Steps towards integrated water management in the Sava River Basin. *Water Research and Management*, 6(1), pp.3-10.
- Pavelić D. 2002. The south-western boundary of Central Paratethys. *Geologica Croatica*, 55: 83-92
- Pawłowski, L.K., 1936. *Kurze Notiz über die Hirudineen des Ohrid-Sees*. nakładem Państwowego Muzeum Zoologicznego.
- Pawłowski, L.K., 1948. *Contribution à la systématique des sangues du genre Erpobdella de Blainville*. skł. gł." Społem". Oddział Księgarski.
- Pawłowski, L.K., 1955. *Révision des genres "Erpobdella" de Blainville et "Dina" R. Blanchard (Hirudinea)*. SSLL.
- Pawłowski, L. K., 1968. Pijawki Hirudinea, Katalog fauny Polski XI, 3 (13), Warszawa.
- Perret, J.L., 1952. Cystobranhus respirans (Trochel) dans le Lac de Neuchatel et observations sur le genre Trocheta Dutrochet. *Rev. suisse Zool*, 63, pp.579-583.
- Pešić, V., Dmitrović, D., Savić, A. and von Fumetti, S., 2016. Studies on eucrenal-hypocrenal zonation of springs along the river mainstream: a case study of a karst canyon in Bosnia and Herzegovina. *Biologia*, 71(7), pp.809-817.
- Pešić, V., Gligorović, B., Savić, A. and Buczyński, P., 2017. Ecological patterns of Odonata assemblages in karst springs in central Montenegro. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, (418), p.3.
- Pešić, V., Savić, A., Jabłońska, A., Michoński, G., Grabowski, M., Bańkowska, A. and Zawal, A., 2019. Environmental factors affecting water mite assemblages along eucrenon-hypocrenon gradients in Mediterranean karstic springs. *Experimental and Applied Acarology*, 77(4), pp.471-486.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), pp.231-259.
- Phillips, S.J. and Dudík, M., 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), pp.161-175.
- Podani J, Ricotta C, Schmera D. 2013. A general framework for analyzing beta diversity, nestedness and related community-level phenomena based on abundance data. *Ecol Complex* 15: 52-61.
- Prelogovic E., Arsovski M., Kranjec V., Radulovic V., Sikošek B., Soklic S. 1975. Paleogeografska evolucija teritorije Jugoslavije od terciara do danas. *Acta Seismologica Iugoslavica*, 2-3: 7-11
- Radinger, J., Wolter, C. and Kail, J., 2015. Spatial scaling of environmental variables improves species-habitat models of fishes in a small, sand-bed lowland river. *PloS one*, 10(11).
- Remy, P., 1934. Sur quelques Hirudinees des Balkans. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 77(1), pp.17-24.
- Remy, P. (1937) Sangsues de Yugoslavie. *Bulletin de la Société zoologique de France*, 62, 140–148.
- Remy, P. A. (1953) Description des grottes yougoslaves (Herzegovine, Dalmatie, Crna Gora et ancien Sandjak de Novi Pazar). *Glasnik Prirodnjačkog Muzeja Srpske Zemlje*, B, 5-6, 175–233.
- Službeni Glasnik Republike Srbije br. 74/2011. Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda
- Savić, A., Ranđelović, V., Đorđević, M., Karadžić, B., Đokić, M. and Krpo-Četković, J., 2013. The influence of environmental factors on the structure of caddisfly (Trichoptera) assemblage in the Nišava River (Central Balkan Peninsula). *Knowledge and management of aquatic ecosystems*, (409), p.03.
- Savic, A., Dmitrovic, D. and Pesic, V., 2017. Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera assemblages of karst springs in relation to some environmental factors: a case study in central Bosnia and Herzegovina. *Turkish Journal of Zoology*, 41(1), pp.119-129.
- Savić, I.R., 2008. Diversification of the Balkan fauna: its origin, historical development and present status. *Advances in Arachnology and Developmental Biology*, 12, pp.57-78.
- Sabatino, A.D., Cicolani, B. and Gerecke, R., 2003. Biodiversity and distribution of water mites (Acari, Hydrachnidia) in spring habitats. *Freshwater Biology*, 48(12), pp.2163-2173.

- SAS Institute Inc. 2009. *SAS/STAT*® 9.2 *User's Guide, Second Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc
- Sawyer, R.T., 1986. *Leech biology and behaviour* (Vol. 1, pp. 1-418). Oxford: Clarendon Press.
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27, 379–423.
- Siddall, M.E. and Bureson, E.M., 1998. Phylogeny of Leeches (Hirudinea) Based on Mitochondrial Cytochrome Oxidase Subunit I. *Molecular phylogenetics and evolution*, 9(1), pp.156-162.
- Siddall, M.E., Apakupakul, K., Bureson, E.M., Coates, K.A., Erséus, C., Gelder, S.R., Källersjö, M. and Trapido-Rosenthal, H., 2001. Validating Livanow: molecular data agree that leeches, Branchiobdellidans, and Acanthobdella peledina form a monophyletic group of oligochaetes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 21(3), pp.346-351.
- Siddall, M.E., 2002. Phylogeny of the leech family Erpobdellidae (Hirudinida: Oligochaeta). *Invertebrate Systematics*, 16(1), pp.1-6.
- Sket B. 1968. K Poznavanju Favne Pijavk (Hirudinea) v Jugoslaviji, Zur Kenntnis der Egelfauna (Hirudinea) Jugoslawiens, *Academia Scientiarum et Artium Slovenica Classis IV: Historia Naturalis et Medicina, Diss.* Ljubljana, 9(4): 127-197.
- Sket, B., 1981. Rhynchobdellid leeches (Hirudinea, Rhynchobdellae) in the relic Ohrid lake region: Rilčaste pijavke (Hirudinea, Rhynchobdellae) v območju reliktnega Ohridskega jezera. *Biol. vestn.*, 29, 2: 67-90
- Sket, B., 1989. Intralacustrine speciation in the genus *Dina* (Hirudinea, Erpobdellidae) in Lake Ohrid (Yugoslavia). *Hydrobiologia*, 182(1), pp.49-59.
- Sket, B. and Sapkarev, J., 1992. Distribution of Hirudinea (Annelida) in the ancient Ohrid Lake region. *Archiv für Hydrobiologie*, 124(2), pp.225-237.
- Sket, B., Dovč, P., Jalžić, B., Kerovec, M., Kučinić, M. and Trontelj, P., 2001. A cave leech (Hirudinea, Erpobdellidae) from Croatia with unique morphological features. *Zoologica Scripta*, 30(3), pp.223-229.
- Sket, B. and Trontelj, P., 2007. Global diversity of leeches (Hirudinea) in freshwater. In *Freshwater Animal Diversity Assessment* (pp. 129-137). Springer, Dordrecht.
- Soós, Á., 1966. Identification key to the leech (Hirudinoidea) genera of the world, with a catalogue of the species. III. Family: Erpobdellidae. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 12, pp.371-407.
- Springer, A.E. and Stevens, L.E., 2009. Spheres of discharge of springs. *Hydrogeology Journal*, 17(1), p.83.
- Stanković, S., 1962. *Ekologija životinja*. Zavod za izdavanje udžbenika narodne republike Srbije.
- Stschegolew, G.G., 1938. Vneshnjaja morfologija somita *Trocheta subviridis* forma *danastrica* v svjazi s nekotorymi soobrazhenjami o voznikovenii vtorichnoj kol chatosti u pijavok. *Raboty Laboratorii Obshhej Biologii i Zoologii*, pp.59-147.
- Šapkarev, J.A., 1963. Die Fauna Hirudinea Mazedoniens. I. Systematik und Ökologie der Hirudinea des Prespa-Sees. *Bull. Sci. Conseil. Acad. RSFY*, 8(1-2), pp.7-8.
- Šapkarev, J.A., 1964a. Faunata na Hirudinea vo Makedonija. *Folia Balcanica*, 2(3), pp.1-8.
- Šapkarev, J., 1964b. Fauna of Oligochaeta from Lake Ohrid. *Godisen zbornik na Prirodno-matematickiot fakultet na Univerzitetot vo Skopje*, 15, pp.5-98.
- Šapkarev, J.A., 1970. The fauna of Hirudinea of Macedonia. The taxonomy and distribution of leeches of Aegean lakes. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 55(3), pp.317-324.
- Šapkarev, J., 1975. Contribution to the knowledge the earthworms (Lumbricidae) and leeches (Hirudinea) of Kosovo, Yugoslavia. *Annuaire de la Faculté des Sciences de l'Université de Skopje*, 27, pp.39-54.

- Šapkarev, J. A. (1978) New contribution to the knowledge of leech distribution (Hirudinea) in Bosnia and Herzegovina. *Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu*, 17, 197–205.
- Šapkarev, J., 1984. Katalog faune pijavica Crne Gore. *Glasnik odjeljenja prirodnih nauka Crnogorske Akademije nauka i umjetnosti*, 4, pp.183-190.
- Šapkarev, J., 1990. New leeches (Hirudinea) of the ancient lake Ohrid. *Fragmenta Balcanica*.
- ter Braak, C.J., 1985. Correspondence analysis of incidence and abundance data: properties in terms of a unimodal response model. *Biometrics*, pp.859-873.
- ter Braak C.J.F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67, 1167-1179.
- Trajanovski, S., Albrecht, C., Schreiber, K., Schultheiß, R., Stadler, T., Benke, M. and Wilke, T., 2010. Testing the spatial and temporal framework of speciation in an ancient lake species flock: the leech genus *Dina* (Hirudinea: Erpobdellidae) in Lake Ohrid. *Biogeosciences*, 7(11), pp.3387-3402.
- Trontelj, P. and Sket, B., 2000. Molecular re-assessment of some phylogenetic, taxonomic and biogeographic relationships between the leech genera *Dina* and *Trocheta* (Hirudinea: Erpobdellidae). *Hydrobiologia*, 438(1-3), pp.227-235.
- Utevsky, S.Y., Son, M.O., Dyadichko, V.G. and Kaygorodova, J.A., 2012. New information on the geographical distribution of *Erpobdella vilnensis* (Liskiewicz, 1915)(Hirudinida, Erpobdellidae) in Ukraine. *Lauterbornia*, 75, pp.75-78.
- Utevsky, S., Utevsky, A. and Pešić, V., 2013. First record of *Glossiphonia nebulosa* (Hirudinida: Glossiphoniidae) from the Skadar Lake in Montenegro. *Lauterbornia*, 76, pp.123-125.
- van Haaren, T., Hop, H., Soes, M. and Tempelman, D., 2004. The freshwater leeches (Hirudinea) of the Netherlands. *Lauterbornia*, 52, pp.113-131.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. and Cushing, C.E., 1980. The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 37(1), pp.130-137.
- Von Fumetti, S., Dmitrović, D. and Pešić, V., 2017. The influence of flooding and river connectivity on macroinvertebrate assemblages in rheocrene springs along a third-order river. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*, 190(3), pp.251-263.
- Water framework directive, E.W.F., 2000. The european parliament and of the council. *Water Framework Directive (2000/60/EC)*, OJL, 327(22), pp.1-73.
- Westendorff, M., Kalettka, T. and Jueg, U., 2008. Occurrence of leeches (Hirudinea) in different types of water bodies in northeast Germany (Brandenburg). *Lauterbornia*, 65, pp.153-162.
- Whittaker, R.H., 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2-3), pp.213-251.
- Zorić, K., Simonović, P., Đikanović, V., Marković, V., Nikolić, V., Simić, V. and Paunović, M., 2014. Checklist of non-indigenous fish species of the river Danube. *Archives of Biological Sciences*, 66(2), pp.629-639.
- Živić, V.N., Šapkarev, J. and Labus, N., 1997. *Composition and distribution of leeches (Annelida: Hirudinea) in river Sitnica basin and in river Ibar*. Nature Science, 2: 97-101.
- Živić, I., Cvetković, A., Božanić, M., Radojević, A. and Stojanović, K., 2017. Checklist of Freshwater Leeches (Hirudinea) in Serbia. *Water Research and Management* vol. 7(3)

Prilozi

# Prilozi





## Prilozi

Država	Sliv	Lokalitet	N	E	Nadmorska visina (m)	Neidentifikovane	<i>E. octocolata</i>	<i>E. testacea</i>	<i>E. vilnensis</i>	<i>E. nigricollis</i>	<i>D. apathy</i>	<i>D. l. dinarica</i>	<i>D. l. lineata</i>	<i>D. l. montana</i>	<i>D. minuoculata</i>	<i>Trocheta sp.</i>	<i>T. dalmatina</i>	<i>B. weberi</i>
BIH	Crnomorski sliv	L1 - Mala Hrčavka	43.34934	18.61122	1134							+			+			
BIH	Crnomorski sliv	L3 - Hrčavka 1	43.34845	18.61493	1059							+						
BIH	Crnomorski sliv	L5 - Hrčavka 3	43.36218	18.67187	720		+					+						
BIH	Crnomorski sliv	L9 - Klobučarica	43.26994	18.61563	851		+								+			
BIH	Crnomorski sliv	L11 - Suhi potok	43.30958	18.66127	701		+					+						
BIH	Crnomorski sliv	L12 - Izgorka	43.26463	18.62242	857		+											
BIH	Crnomorski sliv	1. Donje bare	43.31771	18.6305	1448		+											
BIH	Crnomorski sliv	2. Belo jezero	43.3794	18.5836	1425		+											
BIH	Crnomorski sliv	Crno jezero	43.38583	18.58222	1456		+											
BIH	Crnomorski sliv	4. Gornje bare	43.32018	18.60733	1517		+											
BIH	Crnomorski sliv	5. Orlovačko jezero	43.37737	18.54947	1505		+											
BIH	Crnomorski sliv	6. Jugovo jezero	43.37484	18.53277	1540				+									
BIH	Crnomorski sliv	Ćehotina- Foča	43.51121	18.77532	388	+						+						
BIH	Crnomorski sliv	Drina- Badovinci	44.78083	19.34861	83		+											
BIH	Crnomorski sliv	Bosna-Šamac	45.05417	18.43194	85		+					+						



## Prilozi

Država	Sliv	Lokalitet	N	E	Nadmorska visina (m)	Neidentifikovane	<i>E. octocolata</i>	<i>E. testacea</i>	<i>E. vilnensis</i>	<i>E. nigricollis</i>	<i>D. apathy</i>	<i>D. l. dinarica</i>	<i>D. l. lineata</i>	<i>D. l. montana</i>	<i>D. minuoculata</i>	<i>Trocheta sp.</i>	<i>T. dalmatina</i>	<i>B. weberi</i>	
BIH	Crnomorski sliv	Sana Ušće u Unu	45.04306	16.4025	119		+												
BIH	Crnomorski sliv	Janj- Šipovo	44.27662	17.09114	450							+							
BIH	Crnomorski sliv	Vrijeka	44.36601	17.37001	800							+							
BIH	Crnomorski sliv	Crna rijeka izvori	44.98987	16.39907	500							+							
BIH	Crnomorski sliv	Krupa	44.61713	17.1341	244							+							
BIH	Crnomorski sliv	Vilenska vrela	44.54917	17.39458	476							+							
BIH	Crnomorski sliv	Bistričak	44.35132	17.86626	425							+					+		
BIH	Crnomorski sliv	Ugar	44.36441	17.49008	687												+		
BIH	Crnomorski sliv	Vrbas wk12	44.36499	17.29537	350	+	+					+					+		
BIH	Crnomorski sliv	Drina	43.61958	18.91269	353		+					+							
CG	Crnomorski sliv	Štabaljsko jezero	43.19172	18.72481	1213		+												
CG	Crnomorski sliv	Rikavačko jezero	42.57025	19.60283	1314		+												
CG	Crnomorski sliv	Pirlitor- potok	43.16453	19.21836	1235				+										
CG	Crnomorski sliv	Komarnica 02	42.9885	19.06778	969							+							
CG	Crnomorski sliv	Gornja Dobrilovina, Tara	43.02739	19.401	774							+							

## Prilozi

Država	Sliv	Lokalitet	N	E	Nadmorska visina (m)	Neidentifikovane	<i>E. octocolata</i>	<i>E. testacea</i>	<i>E. vilnensis</i>	<i>E. nigricollis</i>	<i>D. apathy</i>	<i>D. l. dinarica</i>	<i>D. l. lineata</i>	<i>D. l. montana</i>	<i>D. minuoculata</i>	<i>Trocheta sp.</i>	<i>T. dalmatina</i>	<i>B. weberi</i>	
CG	Crnomorski sliv	Debeli potok	43.21292	19.0715	605							+							
CG	Crnomorski sliv	Čehotina KV1	43.36344	19.2989	764	+						+							
CG	Jadranski sliv	Morača KV9	42.43195	19.22448	27		+												
CG	Crnomorski sliv	Čehotina KV16	43.31162	19.38553	835							+							
CG	Jadranski sliv	Skadarkso jezero KV11	42.29336	19.10854	8	+													
CG	Crnomorski sliv	Čehotina KV 2	43.39504	19.15017	788	+						+							
CG	Jadranski sliv	Zeta- Duklov Most	42.79295	18.93426	618		+					+							
CG	Crnomorski sliv	Čehotina-1	43.36344	19.2989	764							+							
CG	Crnomorski sliv	Lim-3	42.75028	19.7935	734							+							
CG	Crnomorski sliv	Lim- 4	43.13495	19.77559	540		+												
CG	Jadranski sliv	Zeta-6	42.79295	18.93426	618		+												
CG	Crnomorski sliv	Komarnica - 17	42.99013	19.06924	971							+							
CG	Crnomorski sliv	Jovanova Voda	42.70242	19.67545	1774									+					
CG	Crnomorski sliv	Izvor iznad kampa- Štavna	42.71286	19.6837	1704									+					
CG	Crnomorski sliv	Česma- Štavna	42.71465	19.68227	1770									+					



## Prilozi

Država	Sliv	Lokalitet	N	E	Nadmorska visina (m)	Neidentifikovane	<i>E. octocolata</i>	<i>E. testacea</i>	<i>E. vilnensis</i>	<i>E. nigricollis</i>	<i>D. apathy</i>	<i>D. l. dinarica</i>	<i>D. l. lineata</i>	<i>D. l. montana</i>	<i>D. minuoculata</i>	<i>Trocheta sp.</i>	<i>T. dalmatina</i>	<i>B. weberi</i>
CG	Crnomorski sliv	Djalovica klisura	43.07193	19.90026	754							+						
CG	Crnomorski sliv	Čehotina	43.38883	19.17738	687							+						
CG	Jadranski sliv	Pipoljevac	42.3925	18.76829	456												+	
CG	Jadranski sliv	Rijeka Crnojevića	42.35621	19.02445	20		+											
CG	Crnomorski sliv	Piva wk 13	42.95396	19.07557	820							+						
CG	Crnomorski sliv	Čehotina wk14	43.26005	19.42043	850	+						+						
CG	Jadranski sliv	Oraška jama	42.53125	19.09253	56							+						
CG	Jadranski sliv	Karuč	42.35828	19.10578	12		+					+			+			
CG	Jadranski sliv	Volač	42.35853	19.10861	16		+											
CG	Jadranski sliv	Vitoja	42.32514	19.36306	9		+					+						
CG	Jadranski sliv	Iverak	42.50864	19.22222	40							+						
CG	Jadranski sliv	Mareza II	42.48078	19.18125	40							+						
CG	Jadranski sliv	Izvor u blizini Morače - Zlatica	42.46867	19.28844	41							+						
CG	Jadranski sliv	Maljatski potok	42.28317	19.24356	46							+						
CG	Jadranski sliv	Vrela ribnička	42.43631	19.29919	55							+						
CG	Jadranski sliv	Glava Zete	42.67486	18.99686	78							+						
CG	Jadranski sliv	Pištet	42.55547	19.19319	194							+						
CG	Jadranski sliv	Podgorski izvori	42.25394	18.99047	279							+						
CG	Jadranski sliv	Svetigora - Manastir Moraca	42.76678	19.39058	308							+						

## Prilozi

Država	Sliv	Lokalitet	N	E	Nadmorska visina (m)	Neidentifikovane	<i>E. octocolata</i>	<i>E. testacea</i>	<i>E. vitnensis</i>	<i>E. nigricollis</i>	<i>D. apathy</i>	<i>D. l. dinarica</i>	<i>D. l. lineata</i>	<i>D. l. montana</i>	<i>D. minuoculata</i>	<i>Trocheta sp.</i>	<i>T. dalmatina</i>	<i>B. weberi</i>
CG	Jadranski sliv	Mrtvak	42.54436	19.22256	406							+						
CG	Jadranski sliv	Vukovo vrelo	42.85742	18.94208	663							+						
CG	Jadranski sliv	Kaluđerovo oko	42.37453	19.14961	17					+								
CG	Jadranski sliv	Malo oko	42.37453	19.14961	17					+								
CG	Jadranski sliv	Mareza I	42.48006	19.18211	38							+						
CG	Jadranski sliv	Crno oko	42.48438	19.15415	38		+					+						
CG	Jadranski sliv	Vrelo - Sušica (Viš)	42.62478	19.04322	68							+						
CG	Jadranski sliv	Oko Oboštice	42.66661	18.98981	68							+						
CG	Jadranski sliv	Babino sicalo	42.80442	19.21525	1607				+									
CG	Jadranski sliv	Lukavica izvor-Manito jezero	42.80638	19.24523	1786				+									
CG	Jadranski sliv	Poseljani I	42.30617	19.05406	19							+						
CG	Jadranski sliv	Vučji studenci	42.48417	19.12247	35							+						
CG	Jadranski sliv	Izvor u blizini Zete -Danilovgrad	42.55419	19.10567	43							+						
CG	Jadranski sliv	Viška vrela II	42.60444	19.06717	43							+						
CG	Jadranski sliv	Studenac (blizu Zete -Velje brdo)	42.52461	19.17492	47							+						
CG	Jadranski sliv	Milojevića vrela	42.63225	19.01119	50							+						
CG	Jadranski sliv	Vrela ribnička II	42.43728	19.29747	51							+						
CG	Jadranski sliv	Svinjiška vrela	42.63839	19.00731	55							+						









## Prilozi

Država	Sliv	Lokalitet	N	E	Nadmorska visina (m)	Neidentifikovane	<i>E. octocolata</i>	<i>E. testacea</i>	<i>E. vilnensis</i>	<i>E. nigricollis</i>	<i>D. apathy</i>	<i>D. l. dinarica</i>	<i>D. l. lineata</i>	<i>D. l. montana</i>	<i>D. minuoculata</i>	<i>Trocheta sp.</i>	<i>T. dalmatina</i>	<i>B. weberi</i>
SRB	Crnomorski sliv	Rača 6	43.95368	19.54768	277							+						
SRB	Crnomorski sliv	Rača5	43.943	19.55085	298							+						
SRB	Crnomorski sliv	Rača3	43.93282	19.54268	344							+						
SRB	Crnomorski sliv	Rača1	43.92562	19.53987	484		+					+						
SRB	Crnomorski sliv	Rača4	43.9341	19.54395	337							+						
SRB	Crnomorski sliv	Rača 2	43.93003	19.53933	362							+						
SRB	Crnomorski sliv	Crnica 5	43.95455	21.56865	345		+											
SRB	Crnomorski sliv	Crnica 4	43.95465	21.57813	341		+											
SRB	Crnomorski sliv	Vrla 2	42.63568	22.30273	1099							+						
SRB	Crnomorski sliv	Vrla 3	42.63812	22.29953	1074							+						
SRB	Crnomorski sliv	Vrla 4	42.63812	22.29953	1073							+						
SRB	Crnomorski sliv	Vrla 6	42.66503	22.2939	932							+						
SRB	Crnomorski sliv	Studenica 1	43.51693	20.45465	586		+					+						
SRB	Crnomorski sliv	Studenica 2	43.51692	20.45827	571		+					+						





## Prilozi

Država	Sliv	Lokalitet	N	E	Nadmorska visina (m)	Neidentifikovane	<i>E. octocolata</i>	<i>E. testacea</i>	<i>E. vilnensis</i>	<i>E. nigricollis</i>	<i>D. apathy</i>	<i>D. l. dinarica</i>	<i>D. l. lineata</i>	<i>D. l. montana</i>	<i>D. minuoculata</i>	<i>Trocheta sp.</i>	<i>T. dalmatina</i>	<i>B. weberi</i>
SRB	Crnomorski sliv	Kolubara- Veliki crljeni	44.48275	20.26514	88		+											
SRB	Crnomorski sliv	Mlava- Belosavac	44.20083	21.74928	294				+									
SRB	Crnomorski sliv	Veternica Barje	42.84397	21.82611	294				+									
SRB	Crnomorski sliv	Južna Morava-Separacija	43.38695	21.77327	175		+		+									
SRB	Crnomorski sliv	Južna Morava-Vranje	42.73319	22.06242	327		+					+						
SRB	Crnomorski sliv	Južna Morava-Stalać	43.67725	21.41087	137							+						
SRB	Crnomorski sliv	Moravica Soko Banja	43.66023	21.82866	275		+		+			+						
SRB	Crnomorski sliv	Moravica Lepterijska	43.63641	21.8936	360				+									
SRB	Crnomorski sliv	Moravica Ušće	43.53382	21.69091	160		+											
SRB	Crnomorski sliv	Toplica Ušće	43.2131	21.83512	194	+						+						
SRB	Crnomorski sliv	Toplica Prokuplje	43.23267	21.59944	236		+											
SRB	Crnomorski sliv	Jerma Ušće	43.06626	22.68551	414	+						+						
SRB	Crnomorski sliv	Nišava Sićevo	43.33182	22.07232	230							+						







## Prilozi

Prilog 2: Tabela P2: Nazivi kraških izvora, GPS- pozicija, nadmorska visina (ALT), tip izvora (TOS) P-pećinski, SL- sublakustrični, R-L- reo- limnokreni, L- limnokreni, R- reokreni.

Redni broj	Izvor	Kod	GPS-pozicija		TOS	ALT
1	Počkaljska jama	S34	42,52019	19,09850	P	53
2	Oraška jama	S41	42,53125	19,09253	P	56
3	Karuč	S5	42,35828	19,10578	SL	12
4	Volač	S6	42,35853	19,10861	SL	16
5	Sinjac	S3	42,36711	19,15328	R-L	9
6	Vitoja	S4	42,32514	19,36306	R-L	9
7	Pričelje	S14	42,50483	19,22156	R-L	39
8	Iverak	S16	42,50864	19,22222	R-L	40
9	Mareza II	S18	42,48078	19,18125	R-L	40
10	Zlatica	S19	42,46867	19,28844	R-L	41
11	Maljatski potok	S25	42,52461	19,17492	R-L	46
12	Dobrik	S30	42,62406	19,01922	R-L	50
13	Ribnica	S38	42,43631	19,29919	R-L	55
14	Dobropoljski izvori	S39	42,63075	19,03281	R-L	56
15	Limljani	S45	42,19944	19,08650	R-L	69
16	Glava Zete I	S46	42,67486	18,99686	R-L	78
17	Pištet	S56	42,55547	19,19319	R-L	194
18	Podgorski izvori	S63	42,25394	18,99047	R-L	279
19	Svetigora	S65	42,76678	19,39058	R-L	308
20	Mrtvak	S70	42,54436	19,22256	R-L	406
21	Vukovo vrelo	S80	42,85742	18,94208	R-L	663
22	Podhum	S1	42,31406	19,35358	L	5
23	Gostiljska rijeka	S2	42,28317	19,24356	L	6
24	Kaluđerovo oko	S7	42,37453	19,14961	L	17
25	Malo oko	S8	42,37453	19,14961	L	17
26	Mareza I	S12	42,48006	19,18211	L	38
27	Crno oko	S13	42,48438	19,15415	L	38
28	Kraljičino oko	S15	42,48600	19,17367	L	39
29	Studenci	S36	42,53081	19,09475	L	54
30	Sušica	S43	42,62478	19,04322	L	68
31	Oboštica	S44	42,66661	18,98981	L	68
32	Markova bara	S60	42,38883	19,11239	L	213
33	Babino sicalo	S89	42,80442	19,21525	L	1607
34	Lukavica	S91	42,80638	19,24523	L	1786
35	Poseljani I	S9	42,30617	19,05406	R	19
36	Vučji studenci	S11	42,48417	19,12247	R	35

## Prilozi

---

37	Spuž	S17	42,51064	19,20019	R	40
38	Danilovgrad	S21	42,55419	19,10567	R	43
39	Viška vrela I	S22	42,59928	19,06544	R	43
40	Viška vrela II	S23	42,60444	19,06717	R	43
41	Vriješko vrelo	S24	42,48119	19,14561	R	44
42	Studenci I	S26	42,48339	19,24292	R	47
43	Studenac	S27	42,48472	19,23761	R	47
44	Milojevića vrela	S31	42,63225	19,01119	R	50
45	Vrela ribnička II	S32	42,43728	19,29747	R	51
46	Svinjiška vrela	S37	42,63839	19,00731	R	55
47	Oka Sušice	S40	42,62386	19,04264	R	56
48	Godinje	S48	42,22047	19,10675	R	91
49	Smrdan	S49	42,50569	19,25714	R	103
50	Mosor	S51	42,46297	19,30892	R	115
51	Zajčina	S52	42,31878	19,03358	R	164
52	Podgorsko vrelo	S53	42,26442	18,98811	R	181
53	Vrućino vrelo	S55	42,52908	19,22472	R	192
54	Glizica I	S57	42,56228	19,17856	R	202
55	Voda u kršu	S59	42,23658	19,04386	R	209
56	Bitorod	S68	42,53397	19,23331	R	404
57	Gospodina voda	S69	42,54642	19,22111	R	405
58	Studenci II	S71	42,60931	19,10386	R	417
59	Dubovik	S73	42,51758	19,25250	R	448
60	Kupinovo I	S75	42,64314	19,04642	R	516
61	Kupinovo II	S76	42,64675	19,04667	R	563
62	Točak velji	S78	42,44522	19,36464	R	651
63	Fundina	S82	42,44453	19,37217	R	775
64	Ivanova korita	S83	42,37758	18,83992	R	1247
65	Kučka Korita I	S84	42,48861	19,53250	R	1368
66	Kuči	S87	42,60986	19,55425	R	1472
67	Kučka Korita II	S88	42,51983	19,53125	R	1511
68	Lukavica	S90	42,81292	19,22792	R	1706
69	Jankova voda	S92	42,70242	19,67545	R	1800
70	Glava Zete II	S99	42,67486	18,99686	R	78
71	Glava Zete III	S100	42,66663	18,98985	R	78
72	Bajlovića sige	S101	43,23875	19,03423	R	522
73	Crna vrela	S102	43,17943	19,24038	R	1308
74	Radovan luka	S103	43,21535	19,10813	R	550
75	Kapija kanjona Tare	S104	43,04615	19,38827	R	1241
76	Dobrilovina	S105	43,04515	19,38568	R	1241

---

Prilozi

<b>77</b>	Ljutica	S106	43,13745	19,30128	R	700
<b>78</b>	Sušica	S107	43,25707	18,99428	R	519
<b>79</b>	Široka rijeka	S109	42,40174	18,75607	R	350
<b>80</b>	Bistrica	S110	42,97599	19,43659	R	1241
<b>81</b>	Pipoljevac	S115	42,39250	18,76829	R	675
<b>82</b>	Štavna	S93	42,71286	19,68370	R	1800

**Prilog 3: Taksonomska lista pijavica zabeleženih u kraškim izvorima Crne Gore**

Ordo Rhynchobdellida

Familija Glossiphoniidae

1. *Glossiphonia complanata* (L., 1758) - **Gcm**
2. *Glossiphonia concolor* (Apáthy, 1888) - **Gcn**
3. *Glossiphonia balcanica* Grosser and Pešić, 2016 - **Gba**
4. *Glossiphonia paludosa* (Carena, 1824) - **Gpa**
5. *Glossiphonia nebulosa* Kalbe, 1964 - **Gne**
6. *Alboglossiphonia heteroclita* (L., 1761) - **Ahe**
7. *Alboglossiphonia striata* (Apáthy, 1888) - **Ast**
8. *Hemiclepsis marginata* (O.F. Müller, 1774) - **Hem**
9. *Placobdella costata* (Fr. Müller, 1846) - **Pco**

Ordo Arhynchobdellida

Subordo Hirudiniformes

Familija Haemopidae

1. *Haemopsis sanguisuga* (L., 1758) - **Hsa**

Family Hirudinidae

1. *Hirudo verbana* Carena, 1820 - **Hve**

Subordo Erpobdeliformes

Family Erpobdellidae

1. *Erpobdella nigricollis* (Brandes, 1900) - **Eni**
2. *Erpobdella octoculata* (L., 1758) - **Eoc**
3. *Erpobdella vilnensis* (Liskiewicz, 1925) - **Evi**
4. *Dina lineata dinarica* Sket, 1968 - **Dld**
5. *Dina lineata montana* Sket, 1968 - **Dlm**
6. *Dina minuoculata* Grosser, Moritz, Pešić, 2007 - **Dmi**
7. *Trocheta dalmatina* Sket, 1968 - **Tda**

## Prilozi

Prilog 4: Tabela P4. Sredinske varijable u kraškim izvorima. Ocena zastupljenosti različitih tipova podloge, akvatične vegetacije i prisustvo modifikacija (ROC - stene, STO - kamenje, GRA - šljunak, SAN - pesak, CLA – glina, ANM - mulj, ALG - alge, MOS - mosses and MCP – macrophytes, TI – tip izvora, N/M – modifikovani i nemodifikovani izvori)

<b>Sredinske varijable</b>											
<b>Code</b>	<b>TI</b>	<b>N/M</b>	<b>ANM</b>	<b>CLA</b>	<b>SAN</b>	<b>GRA</b>	<b>STO</b>	<b>ROC</b>	<b>MOS</b>	<b>MCP</b>	<b>ALG</b>
<b>S34</b>	P	1	0	0	0	0	3	3	2	0	1
<b>S41</b>	P	1	0	0	0	1	2	3	1	1	1
<b>S5</b>	SL	1	2	1	0	0	1	2	0	1	1
<b>S6</b>	SL	1	2	2	0	0	1	1	0	1	1
<b>S3</b>	R-L	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
<b>S4</b>	R-L	1	0	0	2	2	1	1	1	0	1
<b>S14</b>	R-L	2	2	1	1	0	1	0	1	0	1
<b>S16</b>	R-L	2	1	1	1	2	2	1	1	0	1
<b>S18</b>	R-L	1	0	1	1	1	2	2	1	1	1
<b>S19</b>	R-L	1	1	0	2	0	1	2	2	0	1
<b>S25</b>	R-L	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1
<b>S30</b>	R-L	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
<b>S38</b>	R-L	2	0	1	1	1	2	2	2	1	1
<b>S39</b>	R-L	1	0	0	0	2	2	2	2	1	1
<b>S45</b>	R-L	1	1	0	0	1	2	1	1	1	1
<b>S46</b>	R-L	1	1	0	0	1	2	3	3	1	1
<b>S56</b>	R-L	2	1	0	0	1	2	3	1	0	1
<b>S63</b>	R-L	2	1	1	1	1	2	2	3	2	1
<b>S65</b>	R-L	1	1	0	1	1	2	2	1	1	1
<b>S70</b>	R-L	2	3	1	0	0	1	0	0	0	1
<b>S80</b>	R-L	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1
<b>S1</b>	L	1	1	1	1	0	1	1	0	2	2
<b>S2</b>	L	1	2	2	2	0	0	0	0	2	2
<b>S7</b>	L	1	2	1	0	0	1	2	0	1	1
<b>S8</b>	L	1	2	3	0	0	0	0	0	0	1
<b>S12</b>	L	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1
<b>S13</b>	L	1	2	1	0	0	1	2	1	3	1
<b>S15</b>	L	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
<b>S36</b>	L	1	3	3	0	0	0	0	0	2	1
<b>S43</b>	L	1	0	0	1	3	1	1	0	0	1
<b>S44</b>	L	1	1	1	0	0	2	2	1	2	2
<b>S60</b>	L	1	1	1	0	0	1	3	0	0	2
<b>S89</b>	L	1	3	1	0	0	1	0	1	2	2
<b>S91</b>	L	1	3	1	0	0	1	0	2	2	2
<b>S9</b>	R	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
<b>S11</b>	R	1	1	0	0	0	1	3	1	0	0
<b>S17</b>	R	1	3	2	0	0	0	0	1	1	1
<b>S21</b>	R	1	2	1	0	0	2	0	1	1	1

## Prilozi

<b>Sredinske varijable</b>											
<b>Code</b>	<b>TI</b>	<b>N/M</b>	<b>ANM</b>	<b>CLA</b>	<b>SAN</b>	<b>GRA</b>	<b>STO</b>	<b>ROC</b>	<b>MOS</b>	<b>MCP</b>	<b>ALG</b>
<b>S22</b>	R	1	1	0	0	1	1	1	2	3	1
<b>S23</b>	R	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
<b>S24</b>	R	1	0	0	0	1	2	2	1	1	1
<b>S26</b>	R	1	2	2	1	0	0	0	0	3	1
<b>S27</b>	R	1	0	0	0	1	2	1	2	2	1
<b>S31</b>	R	1	0	1	1	1	2	3	3	2	1
<b>S32</b>	R	1	0	0	0	2	2	2	2	1	1
<b>S37</b>	R	1	1	0	0	2	2	1	2	2	1
<b>S40</b>	R	1	0	0	0	0	3	1	0	0	1
<b>S48</b>	R	2	1	1	0	0	1	2	1	1	1
<b>S49</b>	R	2	1	1	0	0	1	2	1	0	1
<b>S51</b>	R	2	0	1	0	1	3	1	1	0	1
<b>S52</b>	R	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
<b>S53</b>	R	1	0	0	0	2	2	2	2	2	2
<b>S55</b>	R	2	1	1	0	1	2	1	1	1	1
<b>S57</b>	R	2	1	1	0	1	2	1	0	0	1
<b>S59</b>	R	2	1	0	1	1	1	2	1	0	1
<b>S68</b>	R	2	0	0	1	1	2	2	1	0	1
<b>S69</b>	R	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
<b>S71</b>	R	2	1	1	0	0	1	2	1	1	1
<b>S73</b>	R	2	1	1	0	0	1	2	1	0	1
<b>S75</b>	R	2	1	1	0	0	1	2	1	0	1
<b>S76</b>	R	2	2	1	0	0	1	2	1	0	1
<b>S78</b>	R	2	1	1	1	1	2	1	1	0	1
<b>S82</b>	R	1	1	0	0	1	2	2	1	0	1
<b>S83</b>	R	2	1	0	0	1	2	2	1	1	1
<b>S84</b>	R	2	1	0	0	1	2	2	0	0	1
<b>S87</b>	R	2	2	1	0	0	1	1	1	1	2
<b>S88</b>	R	2	2	2	0	0	1	0	1	1	1
<b>S90</b>	R	1	3	1	0	0	1	1	0	1	1
<b>S92</b>	R	2	1	0	1	0	2	1	0	0	3
<b>S99</b>	R	1	0	0	1	1	1	2	1	1	1
<b>S100</b>	R	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<b>S101</b>	R	1	1	0	1	1	1	1	3	1	0
<b>S102</b>	R	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1
<b>S103</b>	R	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
<b>S104</b>	R	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
<b>S105</b>	R	2	1	0	1	1	1	1	0	0	1
<b>S106</b>	R	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
<b>S107</b>	R	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
<b>S109</b>	R	2	1	0	0	0	2	2	2	1	1
<b>S110</b>	R	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
<b>S115</b>	R	1	1	0	1	1	2	0	2	1	1
<b>S93</b>	R	2	2	1	0	0	1	1	0	0	1

Prilozi

Prilog 5: Tabela P5: Kvalitativan sastav (broj i udeo taksona) i učestalost taksona (F = 0–1) pijavica u kraškim izvorima Crne Gore

Legenda: n – ukupan broj izvora u kojima je svaki od taksona zabeležen; NTI – Broj taksona po izvoru; NPTTI – Broj zabeleženih vrsta po tipu izvora

Kod	TI	Gcm	Gcn	Gba	Gpa	Gne	Ahe	Ast	Hem	Pco	Hsa	Hve	Eni	Eoc	Evi	Dld	Dlm	Dmi	Tda	NTI	NPTTI
S34	P										+	+								2	
S41	P		+							+	+	+				+				5	Σ = 5-
n			1							1	2	2				1					27.8%
F			0.5							0.5	1	1				0.5					
S5	SL	+		+	+		+	+		+				+		+		+		9	
S6	SL			+	+	+	+	+		+				+						7	Σ = 10-
n		1		2	2	1	2	2		1				2		1		1			55.4%
F		0.5		1	1	0.5	1	1		0.5				1		0.5		0.5			
S3	R-L									+										1	
S4	R-L	+												+		+				3	
S14	R-L									+										1	
S16	R-L											+				+				2	
S18	R-L										+					+				2	
S19	R-L															+				1	
S25	R-L									+						+				2	
S30	R-L									+	+	+								3	
S38	R-L															+				1	Σ = 6-
S39	R-L									+	+	+								3	33.4%
S45	R-L									+										1	
S46	R-L									+	+					+				3	
S56	R-L															+				1	
S63	R-L															+				1	
S65	R-L															+				1	
S70	R-L									+						+				2	
S80	R-L															+				1	
n		1								8	4	3		1		12					
F		0.06								0.47	0.23	0.18		0.06		0.70					

Prilozi

Prilog 5: Tabela P5 (nastavak)

Kod	TI	Gcm	Gcn	Gba	Gpa	Gne	Ahe	Ast	Hem	Pco	Hsa	Hve	Eni	Eoc	Evi	Dld	Dlm	Dmi	Tda	NTI	NPTTI	
S1	L									+										1		
S2	L									+	+									2		
S7	L										+		+							2		
S8	L										+	+	+							3		
S12	L									+	+					+				3		
S13	L					+			+	+	+	+		+		+				7		
S15	L								+	+										2		
S36	L		+						+	+	+	+								5	Σ = 10- 55.5%	
S43	L															+				1		
S44	L									+	+					+				3		
S60	L								+											1		
S89	L										+				+					2		
S91	L										+				+					2		
n			1			1			4	7	9	3	2	1	2	4						
F			0.08			0.08			0.31	0.54	0.69	0.23	0.15	0.08	0.15	0.31						



Prilozi

Prilog 5: Tabela P5 (nastavak)

Kod	TI	Gcm	Gcn	Gba	Gpa	Gne	Ahe	Ast	Hem	Pco	Hsa	Hve	Eni	Eoc	Evi	Dld	Dlm	Dmi	Tda	NTI	NPTTI
S9	R															+				1	
S11	R															+				1	
S17	R									+	+									2	
S21	R															+				1	
S22	R										+	+								2	
S23	R										+					+				2	
S24	R										+									1	
S26	R										+									1	
S27	R															+				1	
S31	R	+									+	+				+				4	
S32	R															+				1	
S37	R	+							+		+					+				4	
S40	R										+									1	
S48	R									+										1	
S49	R															+				1	
S51	R									+						+				2	
S52	R									+										1	
S53	R									+										1	
S55	R															+				1	
S57	R															+				1	
S59	R															+				1	
S68	R															+				1	
S69	R									+						+				2	
S71	R															+				1	
S73	R															+				1	
S75	R															+				1	
S76	R															+				1	
S78	R															+				1	
S82	R															+				1	
S83	R															+				1	
S84	R															+				1	
S87	R										+									1	
S88	R										+									1	
S90	R										+				+					2	
S92	R																+			1	

Σ = 10-  
55.5%

Prilozi

Prilog 5: Tabela P5 (nastavak)

Kod	TI	Gcm	Gcn	Gba	Gpa	Gne	Ahe	Ast	Hem	Pco	Hsa	Hve	Eni	Eoc	Evi	Dld	Dlm	Dmi	Tda	NTI
S99	R															+				1
S100	R															+				1
S101	R															+				1
S102	R															+				1
S103	R															+				1
S104	R															+				1
S105	R															+				1
S106	R															+				1
S107	R															+				1
S109	R																		+	1
S110	R																	+		1
S115	R																		+	1
S93	R																+			1
n		2							1	6	11	2			1	32	2	1	2	
F																				

P- Pećinski; SL-sublakustrični; L-limnokreni; R-L- reo-limnokreni; R- reokreni

## Biografija

Nikola S. Marinković je rođen u Čačku 16. avgusta 1985. godine. Prirodno- matematički smer čačanske Gimnazije završio je 2004. godine i upisao Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, smer biologija. Osnovne studije na Biološkom fakultetu je završio 2013. godine odbranom diplomskog rada Razviće paukova sa ocenom 10.

Doktorske akademske studije, smer Biologija upisuje 2013. godine. Od septembra iste godine volontira na odeljenju za hidroekologiju i zaštitu voda Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ – Instituta od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerziteta u Beogradu. Kao istraživač pripravnik je angažovan od decembra 2013. godine na istom odeljenju. Učestvovao je u realizaciji projekta Ministarstva prosvete nauke i tehnološkog razvoja TR37009 „Merenje i modeliranje fizičkih, hemijskih, bioloških i morfodinamičkih parametara reka i vodnih akumulacija“. U zvanje istraživač saradnik izabran je 2017. godine. Tokom angažovanja na Odeljenju za hidroekologiju i zaštitu voda učestvuje je u realizaciji više nacionalnih i međunarodnih projekata.

Od 2014. godine je član Srpskog biološkog društva i Srpskog društva za zaštitu voda.

Tokom dosadašnjeg rada autor je i koautor 8 naučnih radova u međunarodnim časopisima kategorije M20, 2 u časopisima od domaćeg značaja i 17 saopštenja na naučnim skupovima.