

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Maričić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Agroekonomika

Raznolikost i ekologija pijavica (Annelida, Hirudinea)

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Maričić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Agroekonomika

Raznolikost i ekologija pijavica (Annelida, Hirudinea)

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Siniša Ozimec, mentor
2. doc. dr. sc. Dinko Jelkić, član
3. dr. sc. Marin Kovačić, član

Osijek, 2021.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Agroekonomika

Završni rad

Marko Maričić

Raznolikost i ekologija pijavica (Annelida, Hirudinea)

Sažetak: Pijavice su beskralješnjaci iz koljena Annelida (kolutićavci). Danas je poznato 676 vrsta pijavica, raspoređenih u 3 reda, 5 podredova i 15 porodica, unutar podrazreda Clitellata. Najveću brojnost (71 %) čine slatkovodne pijavice, dok ostale žive u moru i na kopnu. Većina pijavica su povremeni ektoparaziti na beskralješnjacima i kralješnjacima; hrane se sisanjem i uzimanjem krvi ili drugih tjelesnih tekućina domaćina, a neke su predatori. Suživot pijavica i čovjeka traje od davnih vremena njihovim korištenjem za oduzimanje krvi kao metode liječenja. Medicinska pijavica (*Hirudo medicinalis*) je najčešće korištena vrsta, a specifično je da njezina slina sadrži protein hirudin koji je najmoćniji prirodni koagulans. Pijavice su zbog svoje otpornosti na različite onečišćujuće i otrovne tvari prepoznate kao pouzdani bioindikatori za ocjenu stupnja onečišćenja slatkovodnih ekosustava.

Ključne riječi: bioraznolikost, pijavica, krv, onečišćenje vode

22 stranice, 1 tablica, 17 grafikona i slika, 25 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih radova i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Agroecology

BSc Thesis

Marko Maričić

Diversity and ecology of leeches (Annelida, Hirudine)

Summary: Leeches are invertebrates of the phylum Annelida (segmented worms). Nowadays, 676 leech species are known, classified into 3 orders, 5 suborders and 15 families within subclass Clitellata. The highest number (71 %) makes freshwater leeches, while other are maritime and terrestrial species. Most of leeches are ectoparasites on invertebrates and vertebrates, feeding by sucking and extracting blood or other body fluids of its host. Some of leeches are predators. Co-habitation between humans and leeches lasted since ancient times, with use of leeches for bloodletting as a medical treatment. The medicinal leech (*Hirudo medicinalis*) is the most commonly used species, and specific is that its saliva contains a protein hirudin which is the most potent natural anticoagulant. Due to their tolerance to various contaminants and toxic substances, leeches are recognized as a reliable bioindicator in assessment of the pollution level in the freshwater ecosystems.

Keywords: biodiversity, leech, blood, water pollution

22 pages, 1 table, 17 charts and figures, 25 references

BSc Thesis is archived in Library of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ZOOLOŠKA OBILJEŽJA PIJAVICA	2
2.1. Sistematski položaj i klasifikacija	2
2.2. Raznolikost pijavica	5
3. MORFOLOGIJA, ANATOMIJA I NAČIN ŽIVOTA PIJAVICA	9
3.1. Morfologija	9
3.2. Anatomija	10
3.3. Način života	13
4. PRIMJENA PIJAVICA	16
4.1. Primjena pijavica u medicini	16
4.2. Primjena pijavica u ekologiji	18
5. ZAKLJUČAK	20
6. POPIS LITERATURE	21

1. UVOD

Pijavice (Hirudinea) su beskralješnjaci iz koljena kolutićavaca (Annelida) prilagođeni životu u slatkim vodama, no pronalazimo ih i u moru te vlažnim kopnenim staništima (Habdija i sur., 2011.).

Globalna raznolikost pijavica obuhvaća 676 vrsta; najveći udio (71 %) čine 482 slatkovodne vrste, dok preostalu brojnost čine morske i kopnene vrste (Sket i Trontelj, 2008.).

Većina pijavica (oko 3/4 vrsta) su povremeni ektoparaziti koji se hrane sisanjem krvi ili drugih tjelesnih tekućina na kralješnjacima ili beskralješnjacima, dok se ostale smatraju predatorima. Pijavice u prirodi pronalazimo kako sišu krv najčešće ribama, kornjačama, žabama, daždevnjacima, nekim pticama i sisavcima. Neke su pijavice grabežljivci i hrane se vodenim, ali i kopnenim puževima (Shikov, 2011.), ličinkama kukaca i pripadnicima drugih skupina beskralješnjaka. Osim na određenim životinjama, možemo ih pronaći na podvodnoj vegetaciji, na donjoj strani kamena ili trupaca, u nataloženoj tvari na dnu jezera ili potoka.

Pijavice čine važnu sastavnicu biocenoza kopnenih, slatkovodnih i morskih ekosustava. Predatorske pijavice imaju značajnu ulogu u kontroli brojnosti populacija svoga plijena čime doprinose optimalnom funkcioniranju hranidbene mreže u bentoskim zajednicama slatkovodnih ekosustava (Abbas Zaidi i sur., 2011.).

Pijavice koje obitavaju u kopnenim vodama, tekućicama i stajaćicama, danas se često koriste kao pouzdani bioindikatori stupnja onečišćenja vode jer svojom tolerancijom na prisutnost pojedinih onečišćujućih tvari u vodi i njihovom bioakumulacijom ukazuju na intenzitet degradacije vodenih ekosustava (Koperski, 2005).

U završnom radu opisana su taksonomska i filogenetska obilježja, srodstveni odnosi, sistematika i raznolikost životinjskih organizama iz skupine pijavica. Opisana su morfološka i anatomska obilježja pijavica, najznačajniji predstavnici, današnje značenje pijavica u medicini i njihova primjena kao bioindikatora u procjeni stupnja onečišćenja vodenog okoliša.

2. ZOOLOŠKA OBILJEŽJA PIJAVICA

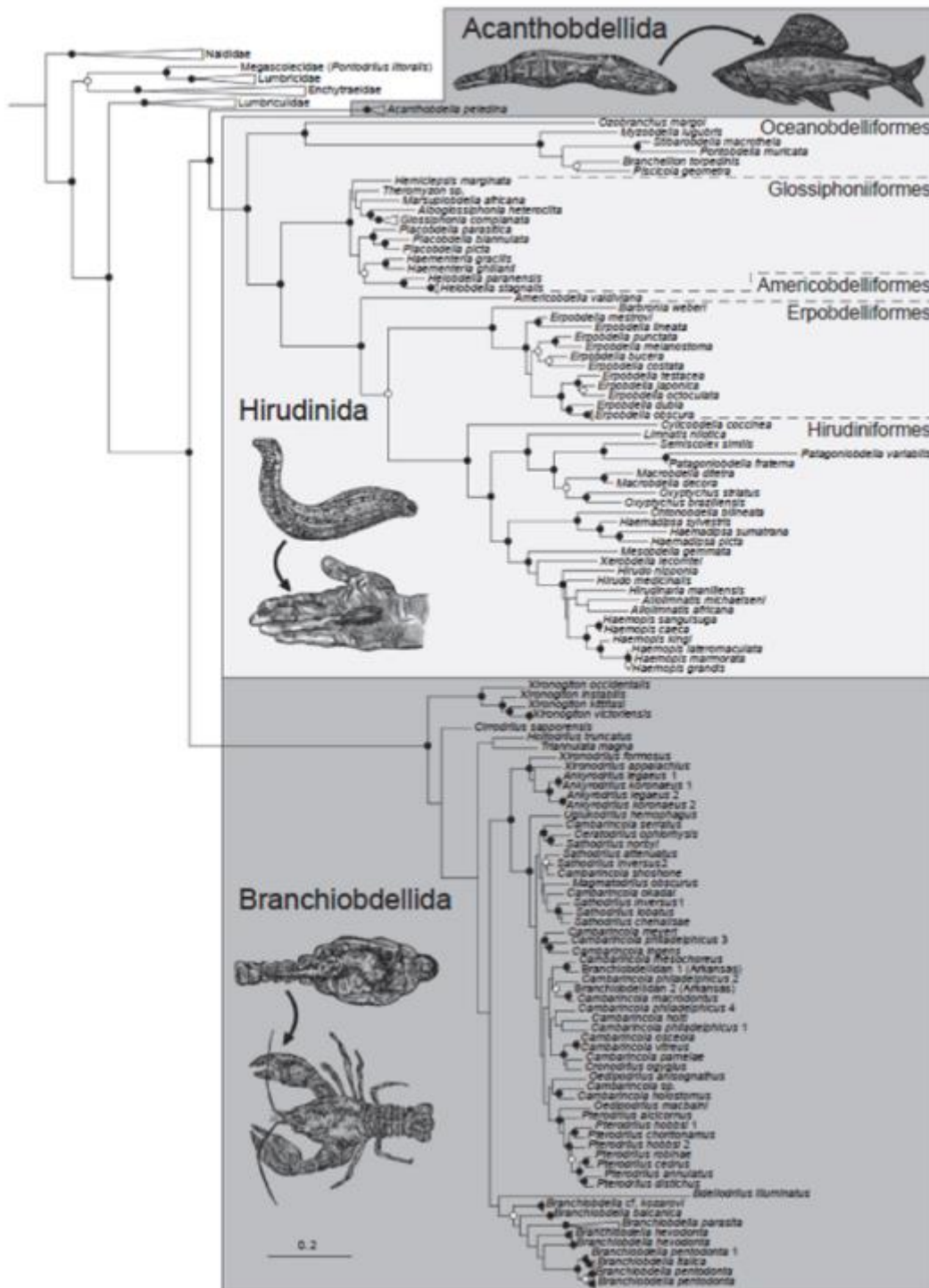
2.1. Sistematski položaj i klasifikacija

Sistematski položaj pijavica unutar klasifikacije carstva: Animalia (Životinje) i podjela u niže sistematske kategorije prikazana je u Tablici 1.

Tablica 1. Klasifikacija pijavica (Prema Tessler i sur., 2018.)

Sistematska kategorija	Znanstveni naziv		Broj vrsta
Carstvo	Animalia		
Potcarstvo	Eumetazoa		
Koljeno	Annelida		
Razred	Clitellata		
Podrazred	Hirudinea		
Red	Podred	Porodica	
Acanthobdellida		Acanthobdellidae	2
Branchiobdellida		Branchiobdellidae	150
Hirudinida	Americobdelliformes	Americobdellidae	1
	Erpobdelliformes	Erpobdellidae	69
		Salifidae	29
		Hirudiniformes	Cylicobdellidae
	Haemadipsidae		50
	Haemopidae		18
	Hirudinidae		64
	Macrobodellidae		20
	Semiscollecidae		13
	Xerobdellidae	8	
	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	208
Oceanobdelliformes	Ozobanchidae	9	
	Piscicolidae	157	

Tradicionalno prihvaćena podjela pijavica u dva reda: Rhynchobdellida (pijavice s rilom) i Arhynchobdellida (pijavice bez rila) ne odražava znanstvene spoznaje modernih istraživanja evolucijskih, filogenetskih i srodstvenih odnosa organizama unutar heterogenih skupina pijavica. Tessler i sur. (2018.) predložili su reklasifikaciju pijavica tako da su redovi Rhynchobdellida i Arhynchobdellida izgubili status važeće sistematske kategorije, uz uspostavu tri nova podreda. Umjesto reda Rhynchobdellida uspostavljena su dva podreda: Oceanobdelliformes (pijavice morskih i brakičnih voda) i Glossiphoniiformes (isključivo slatkovodne pojavice). Zbog utvrđenog sestrinskog srodstva uspostavljen je novi podred: Americobdelliformes (Slika 1).

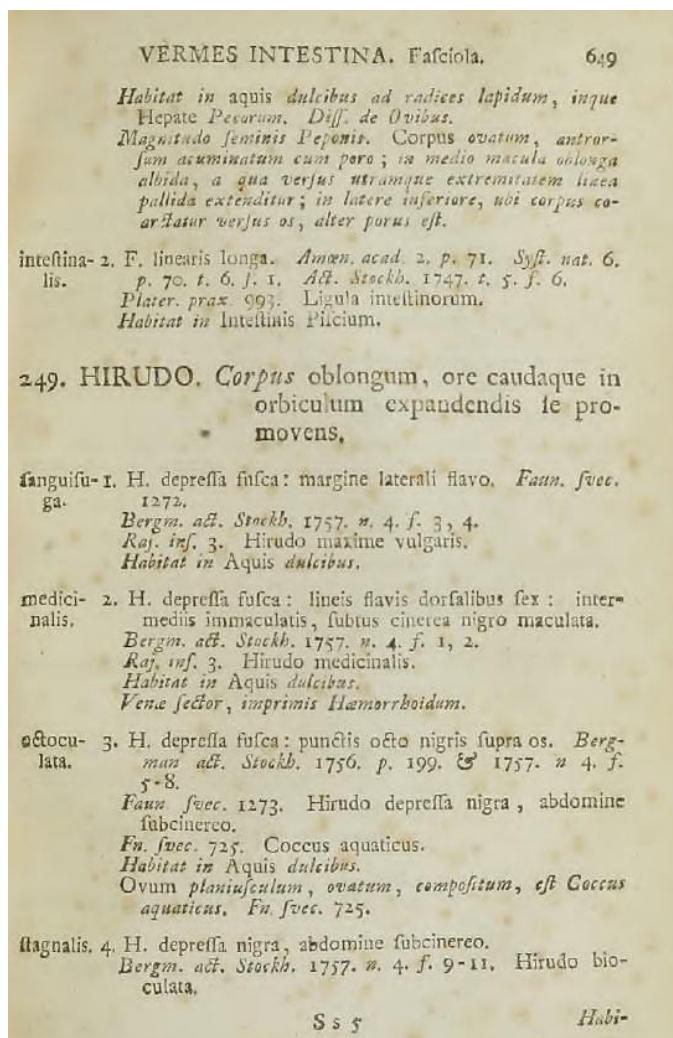


Slika 1. Filogenetski i srodstveni odnosi između glavnih skupina pijavica.

Izvor: Tessler i sur., 2018.

Fosilni nalazi koji su pripisani današnjim pijavicama i njihovim kokonima potječu iz geoloških era mezozoika i kenozoika (Kuo i Lai, 2019.). Najstariji primjerak koji je prepoznat kao pijavica potječe iz razdoblja gornje jure (prije 145-163 mil. god.).

Švedski prirodoslovac Carl von Linne (1707.-1778.), utemeljitelj sistematike i binarne nomenklature u biologiji, u 10. izdanju djela: „Systema Naturae“, objavljenom 1758., u prikazu organizama razvrstanih u razred: Vermes, red: Intestina, opisao je 14 vrsta pijavica (Slika 2).



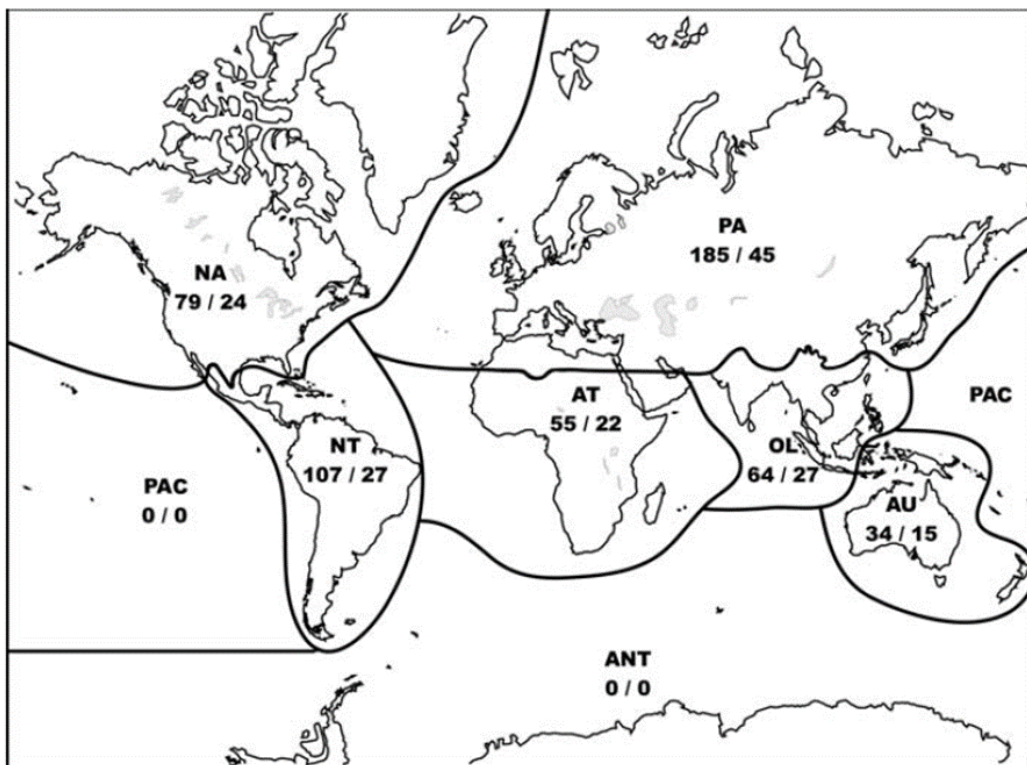
Slika 2. Linneov opis pijavica.

Izvor: biodiversitylibrary.org/bibliography/559

Istaknuti francuski prirodoslovac Jean-Baptiste de Lamarck (1744.-1829.), u 5. svesku znanstvenog djela: “Histoire Naturelle des Animaux Sans Vertèbres”, objavljenom 1818., opisao je i klasificirao sve do tada poznate vrste pijavica i objedinio ih u sistematsku kategoriju ranga: razred, koji je nazvao „Hirudinea“ (Kutschera i Shain, 2019.).

2.2. Raznolikost pijavica

Pijavice su rasprostranjene na svim kontinentima, s izuzetkom Antarktike. Globalnu raznolikost slatkovodnih pijavica prema zoogeografskim područjima (Sket i Trontelj, 2008.) prikazuje slika 3. Najveća raznolikost je utvrđena u Palearktičkom zoogeografskom području (187 vrsta), slijede Neotropsko (107 vrsta) i Nearktičko područje (79 vrsta).



Slika 3. Raspodjela slatkovodnih pijavica prema zoogeografskim područjima.

Napomena: prvi broj u razlomku=broj vrsta; drugi broj=broj rodova; PA, Palearktičko;

NA, Nearktičko; NT, Neotropsko; AT, Afričko; OL, Istočno; AU, Australazijsko;

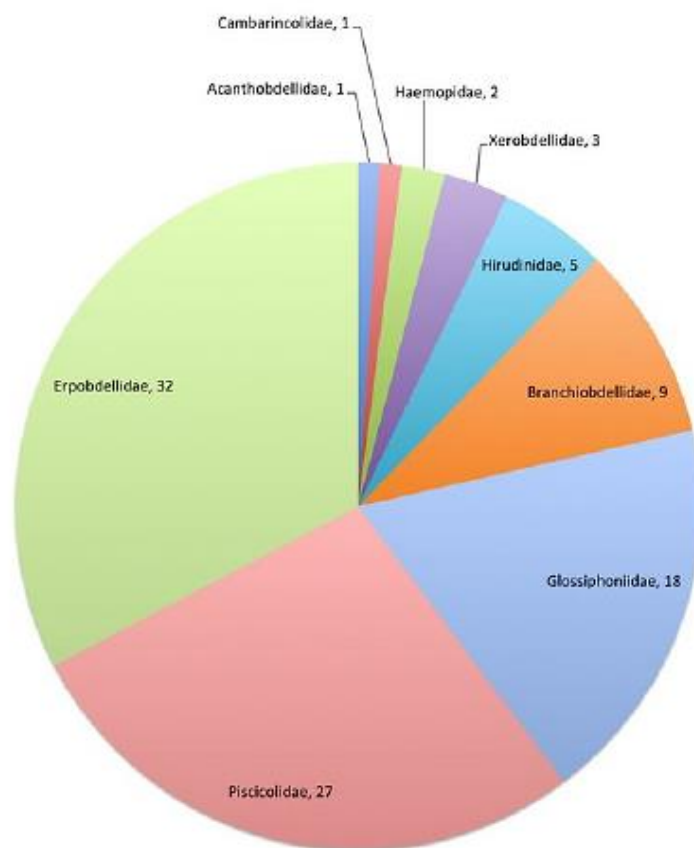
PAC, Tihooceansko; ANT, Antarktičko

Izvor: Sket i Trontelj, 2008.

Poznata središta endemizma slatkovodnih pijavica su Bajkalsko jezero u Sibiru i Ohridsko jezero, svako sa po 10 endemskih vrsta. Bajkalsko jezero je najstarije i najdublje jezero na svijetu koje se nalazi u azijskom dijelu Ruske Federacije. Porodica Piscicolidae naročito se ističe endemskim vrstama: *Baicalobdella torquata*, *Codonobdella truncata* i *Codonobdella zelenskiji*, uz endemske vrste porodice Glossiphoniidae: *Baicalocleipsis echinulata*, *Baicalocleipsis grubei*, *Torix baicalensis* i *Theromyzon* spp.

Na području jugoistočne Europe, u Ohridskom jezeru koje dijele Sjeverna Makedonija i Albanija, prisutne su endemske vrste pijavica: *Glossiphonia complanata maculosa*, *Glossiphonia pulchella* i *Dina ohridana* i jedna vrsta ribljih pijavica, *Piscicola pawlowskii* (Sket i Trontelj, 2008).

Raznolikost faune pijavica u Europi obuhvaća 98 vrsta raspoređenih u 29 rodova i 9 porodica (Minelli i sur., 2014.). Najbrojnija je porodica Erpobdellidae s 32 vrste, slijede porodice Piscicolidae (27 vrsta); Glossiphoniidae (18 vrsta) i Branchiobdellidae s 9 vrsta (Slika 4).



Slika 4. Sastav faune pijavice Europe prema porodicama i broju vrsta.

Izvor: Minelli i sur., 2014.

Endemska podzemna vrsta pijavice otkrivena je u Hrvatskoj, u kolovozu 1994., u Lukinoj jami na sjevernom Velebitu. Opisana je kao nova vrsta za znanost i nazvana *Croatobranchnus mestrovi* Kerovec, Kučinić et Jalžić, 1999 (Slika 5).

Naziv roda „*Croatobranchus*“ sastavljen je prema mjestu nalaza i najznačajnijem obilježju, bočnim škrgolikim nastavcima. Naziv vrste: „*mestrovi*“ dat je u čast akademiku Milanu Meštrovu, pokretaču istraživanja podzemne faune u Hrvatskoj (Kerovec i sur., 1996.).

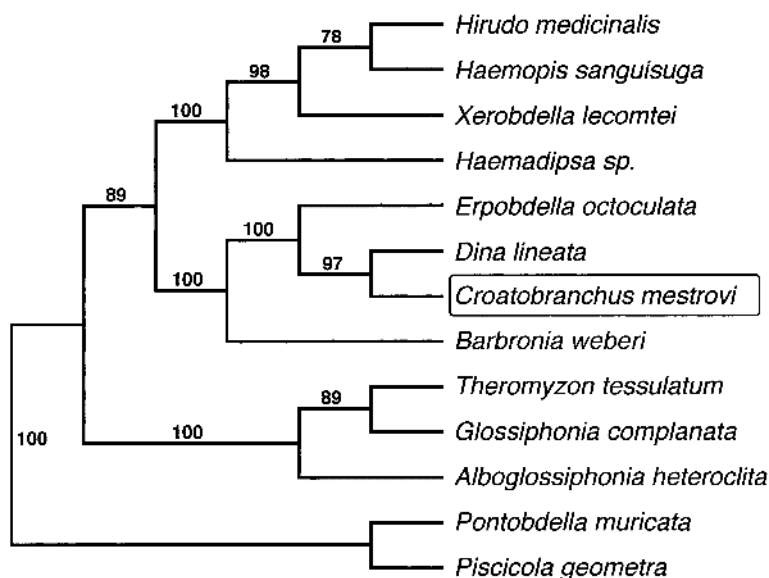


Slika 5. Endemska podzemna pijavica, *Croatobranchus mestrovi*.

Izvor: speleologija.eu/znanost/croatobranchus/index.html

Pijavica je nađena pri speleološkim istraživanjima Lukine jame, čiji je ulaz na 1.438 m n/v i spušta se gotovo vertikalno 1.355 m do podzemnog jezera koje se nalazi na 83 m n/v. Na dubini od 1.205 m dolazi podzemni tok čije vode kaskadama teku do podzemnog jezera. U podzemnom potoku, na dubini 1.320-1.335 m, pronađena su tri primjerka pijavice. Na mjestu nalaza temperatura vode i zraka su stalne i iznose 4 °C. Radi se o pravoj podzemnoj vrsti, troglobiontu, što se vidi po potpunom nedostatku pigmenta i očnih pjega. Dužina tijela iznosi 40-45 mm. Tijelo je građeno od 33 kolutića i ima ukupno 103 prstenka. Središnjih kolutića je 16 i podijeljeni su na 5 jednako širokih prstenaka. Prema krajevima smanjuje se broj prstenaka, a posljednjih 7 kolutića sraslo je u strážnji prijanjaljku promjera > 10 cm. Posjeduje 10 bočnih škrgolikih nastavaka. Ždrijelo je bez zubića ili rila. Predatorska je vrsta i hrani se drugim podzemnim beskralješnjacima.

Novija istraživanja primjenom analize genskih skevenci 18S rRNK (Sket i sur., 2001.), postavljaju sistematski položaj ove vrste među pripadnike porodice Erpobdellidae, kao sestrinsku (genetski najbližu) i srodnu vrsti *Dina lineata* (Slika 6).



Slika 6. Filogenetski položaj i srodstveni odnos vrste *Croatobranchnus mestrovi*.

Izvor: Sket i sur., 2001.

Sukladno odredbama Zakona o zaštiti prirode („Narodne novine“, broj 80/2013., 15/2018., 14/2019., 127/2019.), Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama („Narodne novine“, broj 144/2013., 73/2016.) određuje status strogo zaštićene vrste u Republici Hrvatskoj za dvije vrste pijavica: *Croatobranchnus mestrovii* i *Dina absoloni*.

Pravilnik o sakupljanju zavičajnih divljih vrsta („Narodne novine“, broj 114/2017.), propisuje uvjete sakupljanja, odnosno uzimanja iz prirode u svrhi prerade i/ili daljnje prerade zavičajnih divljih vrsta faune i flore. Za osobne potrebe propisano je sakupljanje do ukupno 20 jedinki dnevno sljedećih vrsta pijavica: *Haemopsis sanguinea* (konjska pijavica), *Hirudo medicinalis* (medicinska pijavica) i *Hirundo verbana*. Nije dopušteno sakupljanje jedinki pijavica manjih od 2 cm. Posebnim mjerama propisano je razdoblje sakupljanja pijavica od 1. rujna do 31. svibnja (Boršić i sur., 2020.)

3. MORFOLOGIJA, ANATOMIJA I NAČIN ŽIVOTA PIJAVICA

3.1. Morfologija

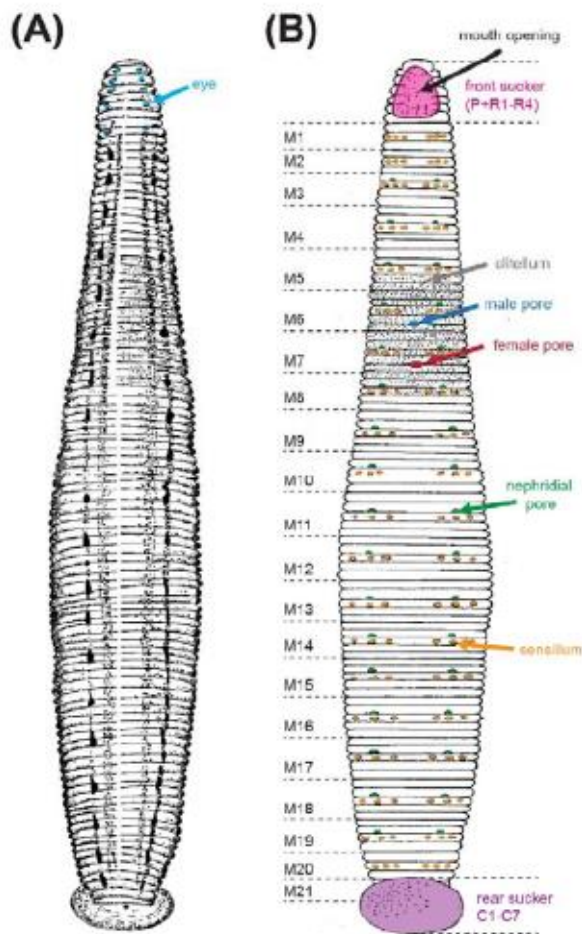
Tijelo pijavica je dorzoventralno spljošteno tako da je leđna strana zaobljena, a trbušna ravna (Slika 7). Duljina i oblik tijela mijenjaju se prema stupnju kontrakcije mišića i količini krvi unutar tijela. Kolutićavost nije vidljiva, nego se izvana mogu zapaziti mnogobrojni prstenci (anuli), kojih na svakom kolutiću može biti 3-14, a međusobno su odijeljeni žljebovima (Matoničkin, 1981.).



Slika 7. Europska medicinska pijavica, *Hirudo medicinalis*
i mediteranska pijavica, *Hirudo verbana*.

Izvor: Kutschera i Elliott, 2014.

Tijelo pijavice sastavljeno je od 33 metamerno raspoređena kolutića s nekoliko prstenaka ili anula (Slika 8.). Na oba kraja tijela kolutići su preobraženi u prijanjaljke. Prostomij i 1.-4. kolutić tvore s trbušne strane prijanjaljku, a s leđne strane nalaze se ocele i taj dio tijela smatra se glavom. Trup je podijeljen u tri područja: predpojasno (5.-8. kolutić); pojas ili clitellum (9.-11. kolutić) i poslijepojasno područje s 15 kolutića (12.-26.). Stražnju prijanjaljku čine sedam 7 kolutića (27.-33.) i pigidij (Habdija i sur., 2011.).



Slika 8. Vanjski izgled medicinske pijavice, *Hirudo medicinalis*.

Napomena: A=leđna strana; B=trbušna strana.

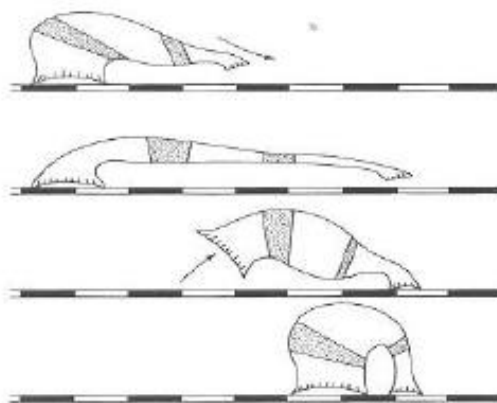
Izvor: Kuo i Lai, 2019.

3.2. Anatomija

Površina tijela pijavica je prekrivena kutikulom ispod koje se nalazi epiderma i sloj vezivnog tkiva sa dijagonalnim, prstenastim i uzdužnim mišićima. U vanjskom sloju (dermi) nalaze se utonule epidermalne žlijezde. Povećanje sloja vezivnog tkiva povezano je s reduciranjem celoma i pregrada između kolutića pa je celomska šupljina neprekinuta duž cijelog tijela (Habdija i sur., 2011.).

Pijavice se pokreću pomoću obje prijanjaljke, kontrakcijom prstenastih i uzdužnih mišića ili plivanjem, za što koriste uzdužne mišiće.

Pri kretanju pomoću prijanjaljki, tzv. „koračanje”, naizmjenično koriste prednju i stražnju prijanjaljku čime izdužuju mišiće prema naprijed (Slika 9). Kada se pijavica kreće plivanjem, tijelo joj je dorzoventralno spoljštено, a pokreće se okomitim undulacijama.



Slika 9. Kretanje pijavice „koračanjem“.

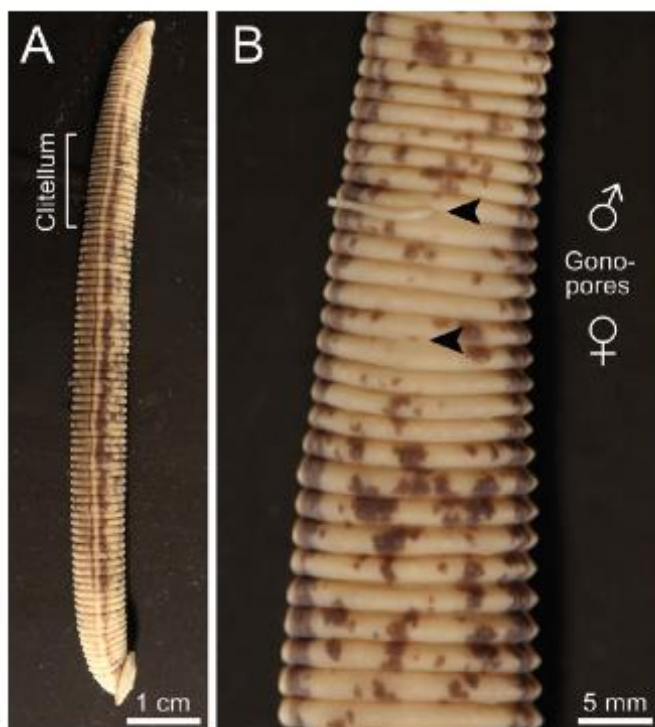
Izvor: Habdija i sur., 2011.

Probavni sustav pijavica počinje usnom šupljinom u kojoj se nalaze tri čeljusti s brojnim zubićima čija je funkcija rezanje integumenta plijena ili domaćina. Pijavice iz podrazreda Rhynchobdellida posjeduju mišićavo ždrijelo nalik rilu koje može biti izvlačivo i pri hranjenju ga izbacuje u tkivo domadara. Pripadnici Arhynchobdellida nemaju izvlačivo ždrijelo, već se u usnoj šupljini nalaze tri nazubljene čeljusti kojima pijavica razreže integument plijena ili domaćina. Predatorske pijavice nemaju čeljusti, već mišićne nabore u usnoj šupljini, a pretpostavlja se da kožu probiju enzimima. Kontrakcijama mišićavog ždrijela pijavice usisavaju svoj obrok. U ždrijelo se otvaraju žlijezde slinovnice koje izlučuju hirudin. Nakon ždrijela slijedi jednjak koji može biti proširen u volju. Želudac može biti jednostavan ili s 1-11 pari slijepih ogranaka ili ceka. Na želudac se nastavlja crijevo (može imati 4 para ceka) koje završava crijevnim otvorom s leđne strane na posljednjem kolutiću. Veliki dio probave obroka obavljaju mutualističke bakterije u probavilu. Divovska amazonska pijavica *Haementari ghilliannii* s rilom duljine do 10 cm usiše iz sisavca domaćina oko 15 ml krvi pri dinamici od oko 0,14 ml/min. Sisanje krvi završi u vremenu kraćem od jedne minute, što je mnogo brže od prosječnih 6 minuta koliko traje proces zgrušavanja krvi (Sawyer i sur., 1991.).

Disanje se kod većine pijavica obavlja preko površine tijela, no postoje izuzeci poput ribljih pijavica (*Piscicolidae*) za koje su karakteristične škrge. Sustav za ekskreciju je građen od 10-17 pari metanefridija u središnjim kolutićima tijela (Habdija i sur., 2011.).

Karakteristični osjetni organi kod pijavica su ocele, kojih može biti 2-10, te osjetilne papile na leđnoj strani ili čak cijeloj površini tijela. Mozak se sastoji od podždrijelnog i nadždrijelnog ganglija te je cijeli živčani sustav građen kao i kod svih kolutićavaca prema tipu ljestvičastog živčevlja.

Sve su pijavice hermafroditi, odnosno dvospolci s parnim spolnim organima i neparnim spolnim otvorima u području pojasa – clitellum (Slika 10). U vrijeme razmnožavanja kolutići na pojasu jako se povećaju od nabreklih žlijezdi koje izlučuju sluz. Muški genitalni sustav čini 4-10 okruglih sjemenika raspoređenih kolutićavo. Prvi par je u 10. i 11. kolutiću. Od sjemenika vodi kratka cjvečica prema sjemenovodu koji se nastavlja u prošireni sjemeni mjehurić. Odavde izlazi mišićna ejakulatorna cijev prema spolnom otvoru na 10. kolutiću. Ženski genitalni sustav čine 2 jajnika iz kojih izlaze dva jajovoda prema naprijed i spajaju se u vaginu koja se otvara ženskim spolnim otvorom na 11. kolutiću (Matoničkin, 1981.).



Slika 10. Medicinska pijavica, *Hirudo medicinalis*. Napomena: A=bočna strana s pojasom (clitellum); B=položaj muškog i ženskog spolnog otvora s vidljivim cjevastim muškim kopulatornim organom.

Izvor: Kutschera i Eliot, 2014.

Oplodnja je unutrašnja, a uloga pojasa nakon kopulacije je izlučivanje sluzi koja izgrađuje kokone u kojima se nalazi nekoliko oplođenih jaja i veća količina bjelančevinastih tvari. Razvoj zametka odvija se unutar kokona (Slika 11). Medicinska i konjska pijavica, te kopnene pijavice polažu kokone u vlažnu zemlju dok ih pretežno vodene pijavice lijepe za vodeno bilje ili drugu pogodnu podlogu u vodi. Svaka zrela pijavica polaže 1-8 kokona koji sadrže 12-16 jaja. Ovisno o temperaturi, izlijeganje se događa nakon 4-10 tjedana, a masa tek izleglih pijavica iznosi 12-60 mg (Elliot i Kutschera, 2011.).



Slika 11. Kokon mediteranske pijavice, *Hirudo verbena*.

Izvor: Elliott i Kutschera, 2011.

3.3. Način života

Većina pijavica su povremeni ektoparaziti na kralješnjacima ili beskralješnjacima, dok se ostale smatraju predatorima. Pijavice u prirodi pronalazimo kako sišu krv ribama, žabama, daždevnjacima, nekim pticama i sisavcima.

Najčešće parazitske vrste pijavica na ribama su: *Piscicola geometrica* (Slika 12) i *Cystobranchus fasciatus*. Već jedna pijavica može ozlijediti, a više njih i usmrtiti jedinku pojedine riblje vrste. Primjerice, 50 jedinki vrste *Piscicola geometrica* isiše za dva dana svu krv šarana (Matoničkin, 1981.). U zakorovljenim ribnjacima postoje pogodni uvjeti za razvoj pijavica. Ribe, osobito njihova mlađ, napadom pijavice pokazuju tamne kuglaste nakupine ispod kože, abrazije te krvarenja kože povezana s lokalnom upalom (Opačak i Jelkić, 2020.).



Slika 12. Pijavica *Piscicola geometrica*, na potočnoj pastrvi, *Salmo trutta*.

Foto: Siniša Ozimec

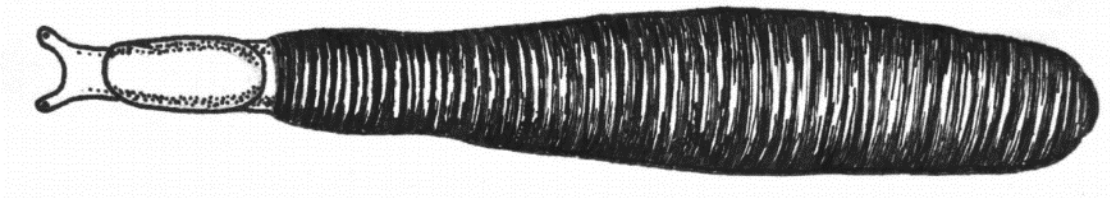
Konjska pijavica *Haemopsis sanguisuga* (Slika 13), iako slatkovodna vrsta, na kopnu se hrani gujavicama, razmnožava se i odlaže kokone. Da bi se zaštitile od suša, pijavice se uvlače duboko u leglo, ispod kamenje i komada drveća te u tlo. Kako bi smanjila gubitak vode s površine tijela, pijavica se omota u složeni čvor ili spiralu (Shikov, 2011.).



Slika 13. Konjska pijavica, *Haemopsis sanguisuga*.

Foto: Siniša Ozimec

U laboratorijskim terarijama provedena su istraživanja kojima je primjećeno da konjska pijavica lovi 10 vrsta kopnenih puževa i da procesom sličnim usisavanju polako uvlači puža dok ga ne proguta (Shikov, 2011.). Ovaj proces traje od jedne do nekoliko minuta, ovisno o veličini puža (Slika 14.)



Slika 14. Konjska pijavica guta kopnenog puža vrste *Arion fuscatus*.

Izvor: Shikov, 2011.

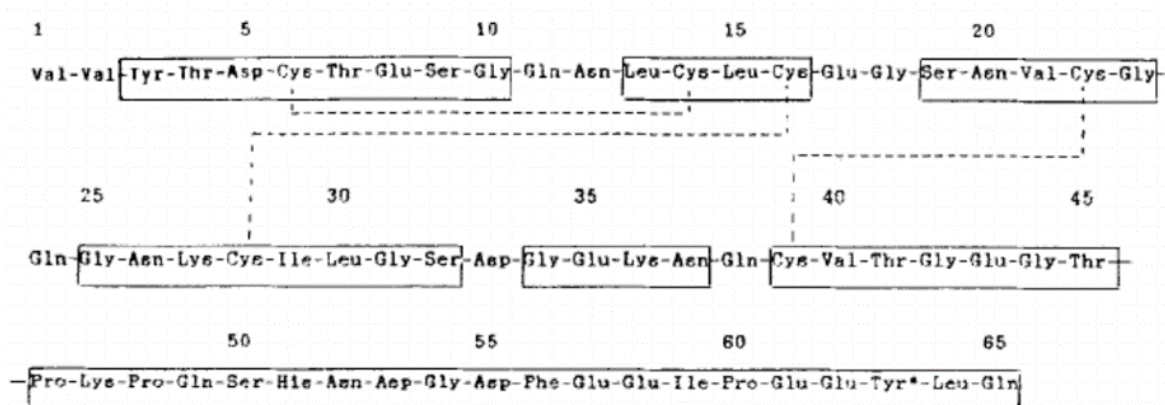
4. PRIMJENA PIJAVICA

4.1. Primjena pijavica u medicini

Medicinske pijavice su od davnina korištene za ispuštanje krvi, o čemu postoje zapisi iz drevnog Egipta, Grčke i Rima, Perzije, Indije i Kine, kao i u srednjovjekovnoj Europi. Vjerovalo se da oduzimanje određene količine krvi doprinosi uspostavi unutarnje ravnoteže tjelesnih tekućina. Ispuštanje krvi bilo je popularni terapijski postupak u Europi u 18. i 19. stoljeću, naročito u Francuskoj. Tako je od 1820. do 1850. godine u bolnicama u Francuskoj godišnje potrošeno između 5.000 i 60.000 pijavica (Elliot i Kutschera, 2014.).

Jedna pijavica posiše 5-15 mL krvi tijekom jednog hranjenja koje traje 20-45 minuta. Laboratorijskim istraživanjima utvrđeno je da pijavice mase 1 g usišu 8,4 g krvi, dok pijavice mase 2 g usišu 9,7 g krvi. Medicinska pijavica prosječne mase od 1,35 g usiše količinu krvi koja je 7x veća od njezine tjelesne mase (Lent i sur, 1988.).

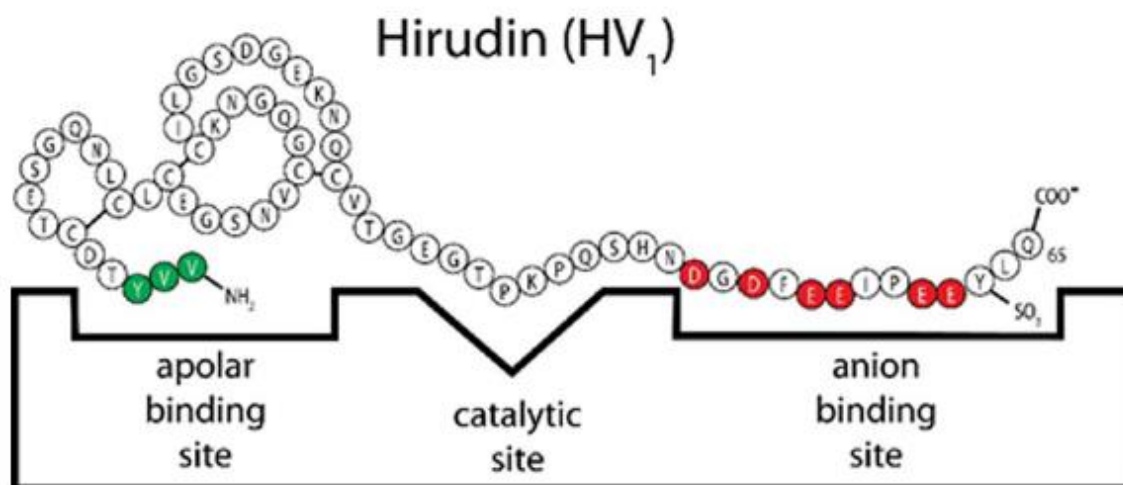
Slina pijavica sadrži brojne proteine, peptide i enzime koji imaju dokazano protuupalno, antibakterijsko, vazodilatatorsko, antikoagulacijsko, imunostimulacijsko i analgetsko djelovanje. Definitivno najvažnija tvar iz sline pijavica je enzim hirudin koji djeluje kao antikoagulans, odnosno razrjeđuje krv i sprječava zgrušavanje što je vrlo korisno pri liječenju tromboze, a novija istraživanja pokazuju kako ima pozitivne učinke i pri liječenju dijabetesa tipa 1 jer može pomoći u ublažavanju pritiska na srce i kardiovaskularni sustav. Protein iz sline medicinske pijavice izolirao je 1950-ih godina njemački farmakolog Fritz Markwardt i nazvao ga hirudin. Hirudin je polipeptid građen od 65 aminokiselina, molekularne mase od 7 kDa (Slika 15). U izgradnji ne sudjeluju aminokiseline: arginin, metonin i triptofan, a u strukturi su prisutne tri disulfidne veze (Markwardt, 1992.).



Slika 15. Primarna struktura hirudina.

Izvor: Markwardt, 1992.

Molekula hirudina oblikuje biomolekularni kompleks s trombinom (Slika 16), proteolitičkim enzimom koji ima veliku ulogu u mehanizmu zgrušavanja krvi (Pennington i sur., 2018.)



Slika 16. Prikaz interakcija hirudina s aktivnim mjestom trombina.

Izvor: Pennington i sur., 2018.

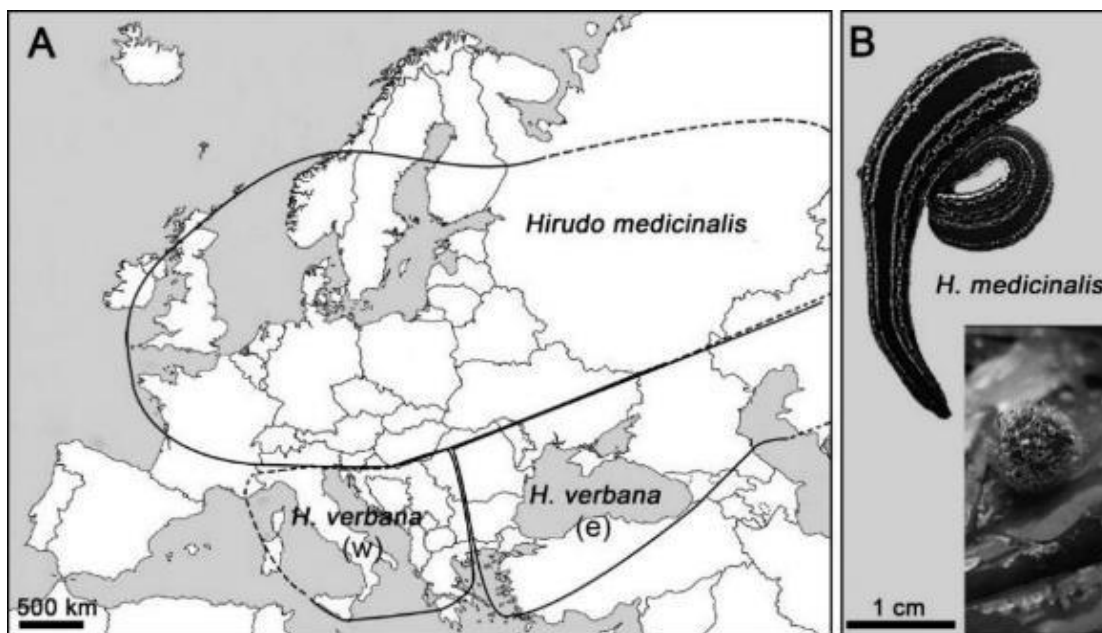
Uz hirudin, vrlo bitna tvar je eglin koji smanjuje upalne procese i oštećenje tkiva kod reumatskog artritisa, gihta i emfizema pluća. Kod meksičke pijavice (*Haementeria officinalis*) pronađen je protein antistazin koji sprječava širenje raka pluća.

Iako se mnogi zgražaju od same pomisli da im pijavice gmižu po tijelu i sišu krv, činjenica je da su one idealni „terapeuti“ za cirkulaciju krvi. Hirudoterapija danas ulazi u bolnice, klinike i salone ljepote. Najčešće se upotrebljava za liječenje tromboze, upale vena, proširenih vena, infarkta srca, povreda mišićnog tkiva, u plastičnoj i mikrokirurgiji.

Tijekom prošlosti uglavnom su sve pijavice korištene u liječenju označavane pod nazivom vrste: medicinska pijavica (*Hirudo medicinalis*). Detaljnijim istraživanjima morfologije, uz korištenje modernih metoda sekvenciranja DNK i genomske analize, utvrđeno je da se radi o dvije srodne i reproduktivno izolirane vrste: medicinska pijavica, *Hirundo medicinalis* i mediteranska pijavica, *Hirundo verbena*.

Medicinska pijavica (*Hirundo medicinalis*) nekada je bila raširena diljem Europe, od Irske na zapadu do Uralskog gorja na istoku i od južne Skandinavije do Sredozemnog mora. Mediteranska pijavica (*Hirundo verbana*) prvi puta je opisana iz jezera Lago Maggiore u sjevernoj Italiji (latinski naziv za jezero: Lacus verbanus), 1820. godine i dugo je u sistematici smatrana podvrstom medicinske pijavice (*Hirundo medicinalis* ssp. *officinalis*).

Morfološka i genetska obilježja potvrđuju da su to dvije reproduktivno izolirane vrste, nastale iz zajedničkog pretka prije oko 10 mil. god. (Kutschera i Elliott, 2014.). Zajedničko objema vrstama je da za domaćine kojima sišu krv, osim sisavaca odabiru i vodozemce koji obitavaju na istim vodenim staništima, primjerice žabe (*Rana arvalis*, *Pelophylax lessonae*) i vodenjak (*Triturus cristatus*). Medicinska pijavica odabire vlažna, vodena i močvarna staništa unutar ili u blizini pojasa listopadnih šuma, dok mediteranska pijavica kao „južnija“ odabire vodena staništa u stepskim, sušnim i vrućim predjelima (Slika 17).



Slika 17. Rasprostranjenost medicinske pijavice, *Hirudo medicinalis* i mediteranske pijavice, *Hirudo verbana* u Europi.

Izvor: Kutschera i Elliott, 2014.

4.2. Primjena pijavica u ekologiji

Pijavice imaju važnu ulogu u održavanju stabilnosti vodenih ekosustava. Većinom ih pronalazimo u alfa-mezosaprobnim i beta-mezosaprobnim vodama, no neke vrste možemo pronaći i u oligosaprobnim vodama. U slatkovodnim ekosustavima pijavice su vrlo dobar bioindikator umjerenog ili jakog onečišćenja jer im je sposobnost bioakumulacije višestruko veća nego kod drugih bentoskih skupina i riba. Vrlo rijetko određene vrste pijavica pronalazimo u vodama koje imaju nisku razinu kalcija, mutnim vodama ili izrazito zagađenim vodama (Koperski, 2005.).

Pijavice iz roda *Erpobdella* su izrazito dobri indikatorski organizmi jer ih pronalazimo u tekućicama i stajaćicama, bez obzira na dubinu. Najpoznatija vrsta je *Erpobdella octoculata*, koja posjeduje izraženu sposobnost bioakumulacije toksičnih tvari u svom tkivu, naročito polikloriranih bifenila (Macova i sur., 2009.).

Istraživanjima odabranih tekućica i jezera u Turskoj (Kazanci i sur., 2014.) utvrđena je prisutnost konjske pijavice (*Haemopsis sanguisuga*) u beta-mezosaprobnim vodama. Vrsta *Erpobdella vilnensis*, koja je tolerantna na organsko onečišćenje, prisutna je u umjereno i jako onečišćenim vodama. Vrste *Erpobdella octoculata* prisutna je u alfa-mezosaprobnim i beta-mezosaprobnim vodama (umjereno do jako onečišćene) gdje podnosi visoke koncentracije nitrata i nitrita, amonijaka, fosfata i teških metala u vodi što dokazuje da je ova vrsta pijavica izrazito tolerantna na onečišćeni okoliš.

5. ZAKLJUČAK

Pijavice su beskralješnjaci iz koljena kolutićavaca. Globalnu raznolikost pijavica čini 676 vrsta, od kojih su 71 % slatkovodne vrste, a ostalo su morske i kopnene vrste. U Europi je zabilježeno 98 vrsta pijavica. U Hrvatskoj je poznata endemska, podzemna vrsta pijavice, *Croatobranchus mestrovi*, otkrivena 1994. na sjevernom Velebitu.

Moderna sistematika raspoređuje pijavice u 15 porodica, 5 podredova i 3 reda. Najveća raznolikost pijavica utvrđena je u Paleartičkom, Neotropskom i Nearktičkom zoogeografskom području.

Tijelo pijavice sastavljeno je od 33 metamerno raspoređena kolutića s nekoliko prstenaka, prednje i stražnje prijanjaljke. Pijavice su hermafroditi, a oplodena jaja nalaze se unutar kokona. Većina pijavica su povremeni ektoparaziti na beskralješnjacima i kralješnjacima i hrane se sisanjem krvi i drugih tjelesnih tekućina domaćina.

Suživot pijavica i čovjeka traje od davnih vremena njihovim korištenjem za oduzimanje određenog volumena krvi iz organizma kao metode liječenja. Medicinska pijavica (*Hirudo medicinalis*) je najčešće korištena vrsta, no u novije vrijeme utvrđeno je da postoji i još jedna srodna vrsta, mediteranska pijavica (*Hirudo verbana*). Najvažnija tvar iz sline medicinske pijavice je protein hirudin koji djeluje kao vrlo snažni koagulans.

Pijavice imaju važnu ulogu u održanju stabilnosti vodenih ekosustava. Kao organizmi otporni na različite onečišćujuće, često i otrovne tvari, prepoznate su kao pouzdani bioindikatori za ocjenu stanja i stupnja onečišćenja slatkovodnih ekosustava.

6. POPIS LITERATURE

1. Abbas Zaidi, S. M., Jameel, S. S., Zaman, F., Jilani, S., Sultana, A., Khan, S. A. (2011.): A systematic overview of the medicinal importance of sanguivorous leeches. *Alternative Medicine Review* 16(1): 59-65.
2. Boršić, I., Gambiroža, P., Jelić, K., Katusić, L., Marić, M., Partl, A., Rodić, P., Tutavac, A., Posavec Vukelić, V., Zadavec, M. (2020.): Stručna podloga za sakupljanje zavičajnih divljih vrsta 2021.–2023. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Zavod za zaštitu okoliša i prirode, Zagreb, 19.
3. Elliott, J. M., Kutschera, U. (2011.): Medicinal leeches: historical use, ecology, genetics and conservation. *Freshwater Reviews* 4: 21-41.
4. Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011.): Protista – Protozoa Metazoa – Invertebrata Strukture i funkcije. Alfa d.d., Zagreb, 584.
5. Kazanci, N., Ekingen, P., Dügél, M., Türkmen, G. (2015.): Hirudinea (Annelida) species and their ecological preferences in some running waters and lakes. *International Journal of Environmental Science and Technology* 12(3): 1087-1096.
6. Koperski, P. (2005.): Testing the suitability of leeches (Hirudinea, Clitellata) for biological assessment of lowland streams. *Polish Journal of Ecology* 53(1): 65-80.
7. Kuo, D.-H., Lai, Y.-T. (2019.): On the origin of leeches by evolution of development. *Development Growth and Regeneration* 61(1): 43-57.
8. Kutschera, U., Elliot, M. (2014.): The European medicinal leech *Hirudo medicinalis* L.: Morphology and occurrence of an endangered species. *Zoosystematics and Evolution* 91(2): 271-280.
9. Kutschera, U., Shain, D. S. (2019.): Hirudinea Lamarck 1818: Evolutionary origin and taxonomy of the six medicinal leeches (genus *Hirudo*) known today. *Biomedical Research and Reviews* 3: 1-4.
10. Lent, C. M., Fliegner, K. H., Freedman, E., Dickinson, M. H. (1988.): Ingestive behaviour and physiology of the medicinal leech. *Journal of Experimental Biology* 137: 513-527.
11. Macova, S., Harustiaková, D., Kolarová, J., Machová, J., Zlabek, V., Vykusová, B., Randak, T., Velisek, J., Poleszczuk, G., Hajslova, J., Pulkrabová, J., Svobodová, Z. (2009.): Leeches as sensor-bioindicators of river contamination by PCBs. *Sensors* 9: 1807-1820.

12. Markwardt, F. (1992.): Hirudin: the promising antithrombic. *Cardiovascular Drug Reviews* 10(2): 211-232.
13. Matoničkin, I. (1981.): *Beskralješnjaci, biologija viših avertebrata*. Školska knjiga, Zagreb, 642.
14. Minelli, A., Sket, B., de Jong, Y. (2014.): Fauna Europaea: Annelida – Hirudinea, incl. Acanthobdellea and Branchiobdellea. *Biodiversity Data Journal* 2, e4015: 1-17.
15. Opačak, A., Jelkić, D. (2020.): Štetnici i neprijatelji riba na šaranskim ribnjacima. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek, 194.
16. Pennington, M. W., Czerwinski, A., Norton, R. S. (2018.): Peptide therapeutics from venom: current status and potential. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 26: 2738-2758.
17. Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama. „Narodne novine“, broj 144/2013., 73/2016.
18. Pravilnik o sakupljanju zavičajnih divljih vrsta. „Narodne novine“, broj 114/2017.
19. Sawyer, R. T., Jones, C. P., Munro, R. (1991.): The biological function of hementin in the proboscis of the leech *Haementeria ghilianii*. *Blood Coagulation and Fibrinolysis* 2(1): 153-159
20. Shikov, E. V. (2011.): *Haemopsis sanguisuga* (Linnaeus, 1758) (Hirudinea) – the first observation of a leech predation on terrestrial gastropods. *Folia Malacologica* 19(2): 103-106.
21. Sket, B., Trontelj, P. (2008.): Global biodiversity of leeches (Hirudinea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 129-137.
22. Sket, B., Dovc, P., Jalžić, B., Kerovec, M., Kučinić, M., Trontelj, P. (2001): A cave leech (Hirudinea, Erpobdellidae) from Croatia with unique morphological features. *Zoologica Scripta* 30:223-229.
23. Tessler, M., de Carle, D., Voiklis, M. L., Gresham, O. A., Neumann, J. S., Cios, S., Siddal, M. E. (2018.): Worms that suck: Phylogenetic analyses of Hirudinea solidifies the position of Acanthobdellida and necessitates the dissolution of Rhynchobdellida. *Molecular Phylogeny and Evolution* 127: 129-134.
24. Zakon o zaštiti prirode. „Narodne novine“, broj 80/2013., 15/2018., 14/2019., 127/2019.

Internetski izvori

25. The Biodiversity Heritage Library: *Systema naturae, per regna tria naturae: secundum classes, ordines, genera, species cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. <http://biodiversitylibrary.org/bibliography/559> (2. lipnja 2021.)