Primjena slatkovodnih pijavica u ekološkim istraživanjima

Mitrović, Maja

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:967514

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

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

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA BIOLOGIJU

Preddiplomski studij biologije

Maja Mitrović

PRIMJENA SLATKOVODNIH PIJAVICA U EKOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA

Završni rad

Mentor: Dr. sc. Dubravka Čerba, doc.

Osijek, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za biologiju

Završni rad

Preddiplomski sveučilišni studij Biologija

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

PRIMJENA SLATKOVODNIH PIJAVICA U EKOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA

Maja Mitrović

Rad je izrađen na Zavodu za ekologiju voda, Odjel za biologiju

Mentor: Dr.sc. *Dubravka Čerba*, **doc.**

Kratak sažetak završnog rada

Predstavnici podrazreda Hirudinomorpha su često zanemareni prilikom istraživanja slatkovodnih ekosustava. Rezultati provedenih istraživanja ukazuju na njihovu važnost kao bioindikatora kvalitete vode te dobrih pokazatelja promjena u okolišu. Pijavice mogu u svom tkivu akumulirati toksične tvari (npr. poliklorirani bifenili) te i na taj način ukazivati na negativan atropogeni utjecaj na vodena staništa. Prije nego je počela njihova primjena u ekološkim istraživanjima, koristilo ih se, i danas se koriste, u liječenju različitih oboljenja kod čovjeka.

Broj stranica: 16

Broj slika: 7

Broj literaturnih navoda: 12

Web izvor: 6

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: *Hirudo medicinalis,* hirudin, slatkovodni ekosustavi, poliklorirani bifenili, akumulacija u tkivu

Rad je pohranjen u knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, u elektroničkom obliku, te je objavljen na web stranici Odjela za biologiju.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Department od Biology

Bachelor's thesis

Undergraduate university study programme in Biology

Scientific Area: Natural science

Scientific Field: Biology

THE APPLICATION OF FRESHWATER LEECHES IN ECOLOGICAL RESEARCH

Maja Mitrović

Thesis performed at the Subdepartment of Water Ecology, Department of Biology

Supervisor: Ph. D. Dubravka Čerba, **Assist. Prof.**

Short abstract

Representatives of subclass Hirudinomorpha have often been neglected in numerous freshwater ecosystem research. The results of conducted investigations including leeches indicate their importance as bioindicators of water quality and changes in the environment. Leeches have the ability to accumulate toxic compounds in their tissue (e.g. PCB), thus indicating negative anthropological influence on water habitats. Prior to their application in ecological research, they have been, and are still used, in the treatment of different human health problems.

Number of pages: 16

Number of figures: 7

Number of references: 12

Web source: 6

Original in: Croatian

Key words: *Hirudo medicinalis*, hirudin, freshwater ecosystems, polychlorinated biphenyls, tissue accumulation

Thesis deposited in the Library of Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek and in the National university library in Zagreb in electronic form. It is also disposable on the web site of Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek.

SADRŽAJ:

1. UVOD..... 1

1.1. Općenito o pijavicama..... 1

1.2. Povijest istraživanja pijavica..... 4

2. OSNOVNI DIO..... 6

2.1. Primjena u medicini..... 6

2.2. Primjena u akvatičkoj ekologiji..... 8

3. ZAKLJUČAK..... 14

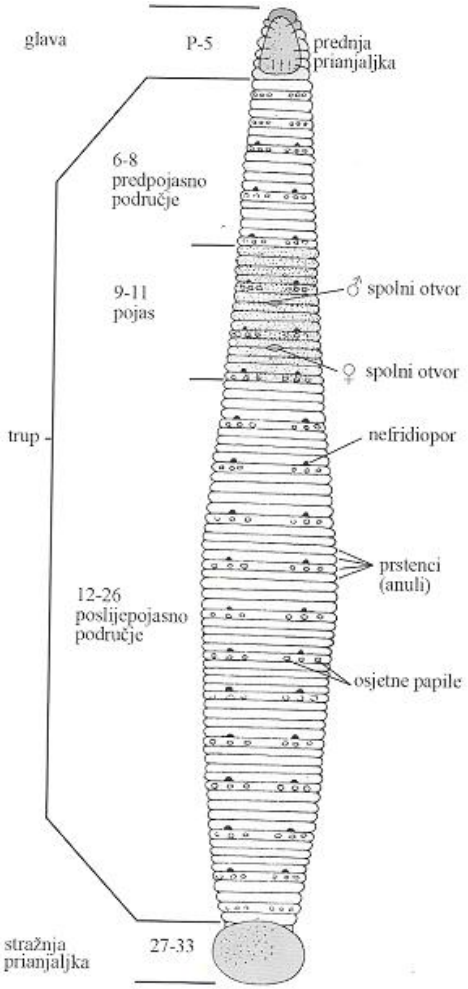
4. LITERATURA..... 15

1. UVOD

1.1. Općenito o pijavicama

Pijavice (Hirudinomorpha) su beskralježnjaci koji su prilagođeni prvenstveno životu u slatkim vodama, no pronalazimo ih i u moru te vlažnim terestričkim staništima (Habdija i sur., 2011). Ukupno je 680 trenutno opisanih i poznatih vrsta, od kojih je samo oko 15% morskih ili terestričkih pijavica (Sket i Trontelj, 2007). U podrazred Hirudinomorpha spadaju tri reda: Acanthobdellida, Branchiobdellida (komenzali ili nametnici na škrgama ili egzoskeletu rakova) i Hirudinida ili prave pijavice čiji je najveći predstavnik *Haementeria ghilianii*. Navedena pijavica u odraslom obliku je sivo-smeđe boje, dok mlade jedinke nemaju takvu jedinstvenu boju, a veličina koju jedinke mogu doseći je 30 cm. Dva su podreda navedenog reda Hirudinida: Rynchobdellae (npr. naša najveća pijavica *Pontobdella muricata* koja može narasti do 20 cm) i Arynchobdellae (poznati predstavnici su *Hirudo medicinalis* i *Haemopis sanguisuga* ili konjska pijavica). Razlika između njih je što podred Rynchobdellae ima krvožilni sustav i rilo, dok u podred Arynchobdellae spadaju pijavice koje nema rilo, imaju celomski optjecajni sustav te neke vrste nemaju čeljusti. U red Acanthobdellida ubrajamo samo jednu vrstu, a to je *Acanthobdella peledina* ili četinasta pijavica koja se, zbog svojih obilježja maločetinaša i pijavica, smatra ancestralnim oblikom iz kojeg su se razvile sadašnje vrste pijavica (Habdija i sur., 2011). Pronalazimo ih na svim kontinentima, osim Antartike (Sket i Trontelj, 2007), a u Hrvatskoj na Velebitu nalazimo poznati endem *Croatobranchus mestrovi* (pripada podredu Arynchobdellae) prilagođen životu u podzemnim vodama (Web 1). Istraživanja provedena u Poljskoj su pokazala da se 12 od ukupno 44 pronađene vrste u slatkovodnim ekosustavima nalazi na IUCN-ovom crvenom popisu ugroženih vrsta (najpoznatija od njih je *Hirudo medicinalis* koja je u Poljskoj strogo zaštićena) (Koperski, 2010). Većina su paraziti na kralježnjacima ili beskralježnjacima, dok se ostali smatraju predatorima. Možemo ih pronaći kako sišu krv najčešće na ribama, ali i na kornjačama, žabama, daždevnjacima, na ponekim pticama i sisavcima, dok predatorima kao hrana najviše služe ličinke kukaca, juvenilni mekušci te mnogi drugi, manji beskralježnjaci. Osim na određenim životinjama, pijavice je lako pronaći i na samom dnu jezera ili potoka u nataloženoj organskoj tvari, na podvodnoj vegetaciji, na donjoj strani kamena ili trupaca. Tijelo pijavica je karakteristične građe: dorzoventralno spljošteno i sastavljeno od 33 metamerno raspoređena kolutića na kojima nalazimo nekoliko prstenaka ili anula (Habdija i sur., 2011). Najčešće se pronalazi 3 do 5 anula, no ponekad su odsječci površno podijeljeni u više od 10 anula (Sket i Trontelj, 2007). S prednje strane je tijelo suženo, dok se na oba kraja tijela nalaze kolutići koji su preobraženi u dvije prijanjaljke. Na

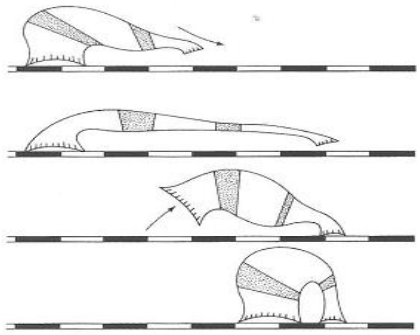
trupu razlikujemo 3 područja: predpojasno ili prekliteralno područje kojeg čine 6.,7. i 8. kolutić, zatim pojas ili clitellum izgrađen od 9., 10. i 11. kolutića te poslijepojasno ili postkliteralno područje kojeg grade slijedećih 15 kolutića (12.-26.). Prednju prijanjaljku čine prostomij i prvih 5 kolutića, dok stražnju tvori pigidij i 7 kolutića (27.-33.) (Habdija i sur., 2011) (Slika 1).



Slika 1. Vanjski izgled pijavice (trbušna strana).

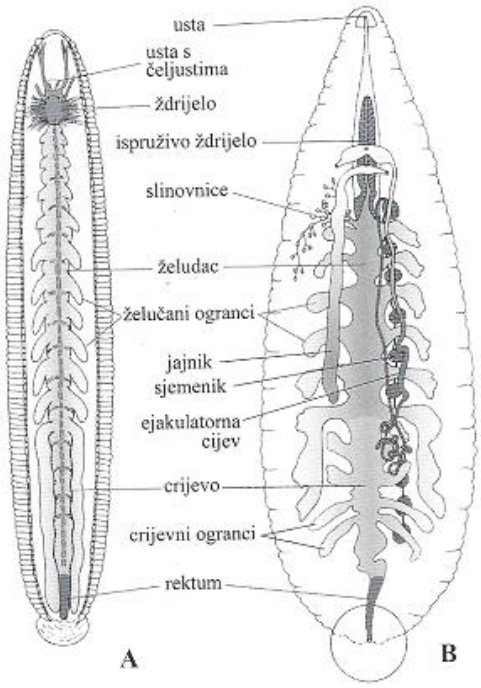
(Preuzeto: Habdija i sur., 2011).

Površina tijela je prekrivena kutikulom ispod koje se nalazi epiderma te sloj vezivnog tkiva s dijagonalnim, prstenastim i uzdužnim mišićima. Na tijelu nemaju četina, a pokreću se „koračanjem“ uz pomoć obje prijanjaljke, gdje dolazi do kontrakcije odnosno relaksacije prstenastih i uzdužnih mišića, ili plivanjem, gdje tijelo pokreću uzdužni mišići. Prilikom koračanja dolazi do izmjenjivanja prednje i stražnje prijanjaljke te dolazi do izduživanja mišića prema naprijed. Nema korištenja peristaltičkih pokreta prilikom pokretanja (Slika 2). Dok pijavica pliva, tijelo joj je dorzoventralno spljošteno te se pokreće okomitim undulacijama.



Slika 2. Pokretanje („koračanje“) pijavice.
(Preuzeto: Habdija i sur., 2011).

Imaju reduciran celom koji je, kod nekih vrsta, poprimio izgled optjecajnog sustava radi samog preuzimanja njegove funkcije (Habdija i sur., 2011). U celomskoj šupljini nema mezentera i pregrada što možemo povezati sa samim pokretanjem pijavice. Razlikujemo dva tipa tkiva kod pijavica: kloragogeno tkivo koje imaju Rynchobdellae i botrioidno tkivo koje pronalazimo kod podreda Arynchobdellae. Karakteristični osjeti organi kod pijavica jesu ocele kojih može biti 2 do 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 (ljestvičav živčani sustav) (Habdija i sur., 2011). Probavni sustav započinje usnom šupljinom u kojoj se nalaze tri čeljusti s brojnim zubićima čija je zadaća razvlačenje integumenta na tijelu domaćina ili plijena. Imaju karakteristično izvlačivo, mišićno ždrijelo ili ždrijelo koje im služi za sisanje, sa zubićima ili bez njih. U ždrijelo se otvaraju žlijezde slinovnice koje izlučuju hirudin. Zatim slijedi jednjak koji se širi u volju te želudac koji može imati 1-11 pari ogranaka ili ceka. Na želudac se veže crijevo (4 para ceka) sa rektumom (Slika 3). 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 metanefridija, važnih osmoregulacijskih organa, kojih može biti 10 – 17 pari u središnjim kolutićima tijela (Habdija i sur., 2011).



Slika 3. Unutrašnja građa pijavica: a) *Hirudo medicinalis*, b) *Glossiphonia complanata.* (Preuzeto: Habdija i sur., 2011).

Proteandrični su dvospolci sa neparnim spolnim otvorima koji se nalaze ventralno u području pojasa (clitellum). Muški spolni otvor se nalazi na 10. kolutiću, dok je ženski na 11. kolutiću. Spolni organi (sjemenici i jajnici) su parni (Habdija i sur., 2011). Oplodnja je unutrašnja, a uloga samog pojasa nakon kopulacije je izlučivanje kokona koji sadrži potrebne hranjive tvari za daljnji razvoj organizma (Sket i Trontelj, 2007).

1.2. Povijest istraživanja pijavica

Pijavice se koriste od davnina u svrhu liječenja stoga i njihovo istraživanje seže u daleku prošlost. Najstariji poznati fosil pijavica pripada razdoblju kambrija (Klemm, 1972). Carl von Linne je 1789. godine opisao 14 vrsta pijavica na temelju općeg izgleda poput položaja i broja očiju ili ocela i boje tijela, a kasnije se koristi i udaljenost između muškog i ženskog spolnog otvora kao jedan od načina determinacije i svrstavanja u određene sistematske kategorije. 1846. godine Moquin-Tandon izrađuje slike anatomije tijela tj. prikazuje kolutiće i anule pijavica čiji detaljniji sustav anulacije 1898. godine predlaže i Moore (Sket i Trontelj, 2007). Kasnije je dokazano da same karakteristike poput anula i položaja spolnih otvora nisu dovoljne za točnu

determinaciju i razlikovanje vrsta stoga dolazi do prvih istraživanja pijavica na molekularnoj razini, što se može vidjeti na primjeru predstavnika porodice Erpobdellidae (Sket i Trontelj, 2007). Uz već nabrojane vanjske karakteristike, kasnije su se počele promatrati i veličine prijanjaljki, usta s čeljustima, prisutnost ili odsutnost papila, broj anula između ženskog i muškog gonopora te određeni pigmenti u tijelu koji mogu biti zaklonjeni zbog neprozirnosti tkiva (Klemm, 1972). Među najveća istraživanja pijavica ubrajaju se ona provedena na medicinskoj pijavici (*Hirudo medicinalis*) kada su otkriveni i njezini srodnici (*H. verbana, H. orientalis* i *H. troctina*) na temelju proučavanja mitohondrijske i sekvenci jezgrene DNA. Pokazano je da boja tijela, prilikom identifikacije navedenih srodnika, igra također jednu od ključnih uloga (Sket i Trontelj, 2007). Objavljeni su brojni ključevi za determinaciju pijavica: riblje pijavice (Piscicolidae) Sjeverne Amerike (Meyer, 1946.), pijavice SAD-a (Pennak, 1953.), pijavice srednje Europe (Mann, 1962.), pijavice Kanade (Davies, 1971.), rodovi pijavica u svijetu (Soos, 1963. do 1969.) i još mnogi drugi (Klemm, 1972). Pijavice su proučavane na raznim područjima, uključujući i područje bivše Jugoslavije koje je poznato po velikoj biološkoj raznolikosti pijavica (Sket i Trontelj, 2007). Najvećim korisnikom pijavica u medicinske svrhe tijekom 19. stoljeća smatra se Francuska, dok se na određenim mjestima na području Norveške, Rusije i Velike Britanije u to doba bilježi značajno smanjenje broja jedinki ili je čak zabilježeno i potpuno izumiranje (Sawyer, 1981).

2. OSNOVNI DIO

2.1. Primjena u medicini

Hirudo medicinalis ili medicinska pijavica pripada pijavicama koje sišu krv te se ne hrane često. Zanimljiva činjenica je da medicinska pijavica može imati razmak između dva obroka čak do godinu i pol jer prilikom usisavanja krvi može udeseterostručiti svoju masu (Habdija i sur., 2011). Počinje se koristiti u 19. stoljeću za liječenje glavobolje, vrućice, pretilosti, čireva pa čak i za liječenje nesanice. 1884. godine otkriven je hirudin, antikoagulans kojeg izlučuju žlijezde slinovnice medicinske pijavice (Sawyer, 1981). Otkrio ga je britanski fiziolog John Berry Haycraft, a danas se hirudin izoliran iz pijavica koristi u javnom zdravstvu za liječenje tromboze, bolesti krvožilnog sustava. U krvi se stvori tromb ili ugrušak koji „putuje“ krvlju po tijelu te ako začepi krvnu žilu, ishod može biti smrtonosan. Stoga se za sprječavanje tromboze koristi sam peptid hirudin koji će ireverzibilno specifično inhibirati trombin. Ipak njegovo korištenje je ograničeno iz razloga jer antikoagulans nije dostupan u odgovarajućoj količini, stoga je danas u kliničkoj upotrebi derivat hirudina, rekombinantni protein lepirudin. Osim za sprječavanje tromboze, hirudin se koristi i za liječenje osteoartritisa (kod pacijenata je primijećeno značajno smanjenje boli sedam dana nakon terapije sa pijavicama). Kronični sinusitis je kronična upalna bolest koja je sve više rasprostranjena u svijetu. Za liječenje te bolesti standardnoj terapiji (kortikosteroidi) dodaje se i primjena alternativne medicine, medicinskih pijavica (najčešće *Hirudo medicinalis orientalis*) točnije tzv. hirudoterapija (Web 2). Uočena je djelotvornost takvog tretmana kod pacijenata jer su kod većeg broja pacijenata simptomi potpuno odstranjeni, dok je kod manjeg broja pacijenata uočeno značajno poboljšanje. Osim hirudina, najpoznatijeg antikoagulansa kada je riječ o pijavicama, one luče slinu sa 40 različitih sastojaka, među kojima je i histamin, kalin, eglin i hijaluronidaza – sve su to tvari koje zajedno sa hirudinom sudjeluju u sprječavanju zgrušavanja krvi, vazodilataciji, poboljšavanju cirkulacije, smanjivanju otoka te također djeluju antibiotski, antiupalno i antikonvulzivno. Pijavice se još primjenjuju i za liječenje varikoznih vena, zatim za liječenje raznih bolesti kože poput psorijaze, kroničnog ulkusa, favusa i crvenkastih pjega, također i kod tretmana asthme, sublingvalnog i lingvalnog hematoma, bolesti desni, hemeroida, pa čak i cista na jajnicima (Web 3). Kod meksičke pijavice (*Haementeria officinalis*) pronađena je antimetastazna aktivnost u izlučevinama žlijezda slinovnica, točnije nađen je protein antistazin koji sprječava širenje raka pluća. Dok su izlučevine u slini tropske pijavice (*H. manillensis*) pokazali antiproliferativno djelovanje. *Whitmania pigra* je jedna vrsta pijavica koja se koristi za povećanje protoka krvi i za sprječavanje poremećaja koagulacije. Najviše je

korištena u Kini za liječenje gangrene koja je uzrokovana dijabetesom. Što se tiče koristi pijavica u stomatologiji, također povećavaju protok krvi u desne te uklanjaju toksine. Imaju antibakterijsko djelovanje te pomažu i prilikom upale zubnog mesa (gingiva) (Web 3). Primjena pijavica se ne preporučuje oboljelima od hemofilije i leukemije, trudnicama, djeci, anemičnim osobama te onima koji su nedavno bili izloženi pijavicama zbog opasnosti od alergijske reakcije i anafilaktičkog šoka. Može doći do nastanka određenih infekcija i kasnije ožiljaka, ako se pijavice prisilno uklanjaju i njihove čeljusti ostanu u rani. Infekcije mogu stvoriti i parazitske bakterije (*Mycobacterium marinum*) koje pronalazimo u crijevima pijavica. Može doći i do pojave anemije ili čak smrti zbog dužeg krvarenja koje ovisi o području ugriza pijavice. Kako medicina, kao i tehnologija, sve više napreduje, dokazano je da su pijavice korisne i u vraćanju cirkulacije na odsječenim dijelovima tijela, npr. uši te prsti na rukama i nogama. Također se sve više koriste i u „službi ljepote“ (Web 3). Danas postoje farme na kojima se uzgajaju pijavice, a osim *H. medicinalis*, koriste se i *H. verbana* te *H. orientalis* (Sket i Trontelj, 2007) (Slika 4).



Slika 4. Tri srodne vrste pijavica: a) *H. verbana*, b) *H. medicinalis* c) *H. orientalis* (Preuzeto: Utevsky i sur., 2009).

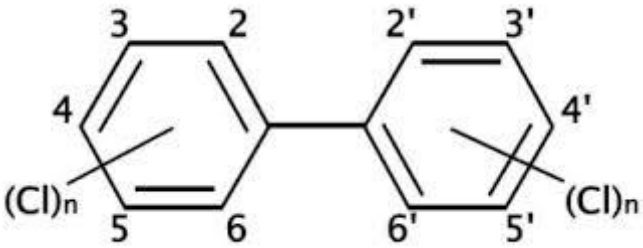
Medicinska pijavica se danas smatra ugroženom u mnogim zemljama Europe zbog stoljetnog iskorištavanja od strane čovjeka. Dostupne europske medicinske pijavice se koriste, ne samo u svrhe liječenja, već i u svrhe istraživanja procesa zgrušavanja krvi od strane biomedicinskih

znanstvenika, u razvoju genetike i neurobiologije te općenito u laboratorijima u edukativne svrhe. *Hirudo medicinalis* je prisutna u ribnjacima, barama, malim jezerima i vodama koje periodično presuše gdje ih možemo pronaći na muljevitom dnu sa gustom, podvodnom vegetacijom koja im pruža utočište za preživljavanje mladih jedinki. Prijetnje navedenoj populaciji pijavica mogu predstavljati: gubitak vlažnih staništa i makrofitske vegetacije te smanjenje prehrane potrebne za daljnji život i razmnožavanje.

2.2. Primjena u akvatičkoj ekologiji

Ekologija je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem organizama i njihovih međusobnih interakcija te interakcija između same okoline i jedinki. To uključuje intraspecijske odnose (odnose između jedinki iste vrste), interspecijske odnose (odnose između jedinki različitih vrsta) te odnose između organizama i onog što ih okružuje (Krohne, 2000). Akvatična ekologija uključuje proučavanje takvih odnosa u vodenim sustavima uključujući oceane, jezera, rijeke, potoke, močvare, bare i estuarije. Iako među pijavicama nalazimo i one koje su prilagođene životu na kopnu ili u moru, većina pripada slatkovodnim vrstama te igraju bitnu ulogu u vodenim ekosustavima. Vrlo su bitan dio ekološke mreže kao predatori koji zahtijevaju dovoljnu količinu određene hrane poput živih ili mrtvih beskralježnjaka kao što su rakovi, mekušci ili ličinke kukaca. Dok druge vrste preživljavaju hraneći se krvlju riba, sisavaca, krokodila, kornjača, žaba pa čak i ptica, tako da osim predatora, mogu biti dio hranidbene mreže kao paraziti. Pojavljuju se i kao vektori u životnim ciklusima parazita drugih životinja. Bitna su karika u hranidbenom lancu jer i one same mogu poslužiti kao hrana životinjama koje žive u vodi (Klemm, 1995). Većinom pijavice obitavaju u α-mezosaprobnom i β-mezosaprobnom staništu, dok neke vrste možemo pronaći i u oligosaprobnim vodama. Neki čimbenici koji utječu na tu distribuciju pijavica jesu vezani za fizičke i kemijske karakteristike vode: pH, temperatura vode, salinitet, koncentracija otopljenog kisika, zamućenost vode, dubina i struja vode, ali i dostupnost određene količine potrebne hrane. Pijavice se u slatkovodnim ekosustavima najviše koriste kao indikatori umjerenih ili jako zagađenih sredina jer je bioakomulacija kod njih mnogo veća nego kod drugih bentoskih skupina i riba. Slatkovodna staništa su većinom onečišćena zbog ljudske djelatnosti i urbanizacije koja u većini slučajeva dovodi do otjecanja toksičnih tvari (razni metali i ulja) u jarke, potoke, rijeke i do erozije kanala pa time i do smanjena kvalitete vode i okoline (Koperski, 2010). Neke vrste pijavica se rijetko mogu pronaći u vodama koje su siromašne kalcijem, neke ne mogu tolerirati mutnu vodu, neke

toleriraju blaga zagađenja, ali većina njih se smatra izuzetno dobrim bioindikatorima pošto se mogu naći u zaista jako zagađenom okruženju (Koperski, 2005). Primjerice rod *Erpobdella* je izuzetno dobar pokazatelj kontaminacije polikloriranim bifenilima (kao i drugim toksičnim tvarima) u rijekama jer dolazi do njihovog nakupljanja u tkivima ovih životinja (Kazanci i sur., 2014). Poliklorirani bifenili (PCB) su prvi puta sintetizirani 1876. godine (komercijalno se počinju proizvoditi tek 1929. godine) te se radi o dva povezana prstena benzena gdje su atomi vodika zamijenjeni atomima klora, stoga je moguć nastanak 209 različitih spojeva odnosno izomera sa različitim sadržajem klora (Slika 5). Stabilni su i kemijski i termički, topljivi su u mastima, a biološki se veoma teško razgrađuju pa se i nakupljaju u tkivima biljaka i životinja i time ulaze u sami hranidbeni lanac. Krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća dolazi do zabrane proizvodnje PCB-a, no unatoč tomu došlo je do njihovog velikog rasprostranjenja jer ti spojevi nastaju kao međuspojevi u procesu proizvodnje boje te spaljivanjem zajedno sa starim uljima nastaju velike količine dioksina (klorirani organski spojevi iz skupine polikloriranih ugljikovodika). Stoga PCB možemo pronaći u svim vodenim ekosustavima, od rijeka, jezera do mora i oceana, u kiši i snijegu, tkivima životinja, u planktonu, ribama pa čak i u našem tijelu, kao i u majčinom mlijeku. Pri dodiru sa PCB dolazi do oštećenja središnjeg živčanog sustava i oštećenja na razini hormonske regulacije prilikom razvoja djece (Web 3 i Web 4).



Slika 5. Strukturna formula PCB-a (Web 5).

Ribe su najpogodnije za analizu PCB jer spadaju među veće grabežljivce u samom hranidbenom lancu, u njima dolazi do nakupljanja određenih zagađivača i također su povezani sa ljudima i njihovom prehranom. No, zbog same veličine riba i nemogućnosti njihovog korištenja kao bioindikatora u plitkim rijekama i ostalim ekosustavima, pijavice počinju biti od značajne koristi na tom polju određivanja onečišćenosti vode (Macova i sur., 2009). Pijavice roda *Erpobdella* su izvrsne kao indikatorski organizmi iz više razloga: pronalazimo ih u stajaćim i tekućim vodama s dovoljnom količinom hrane, bez obzira na dubinu, ima ih u izobilju

(životni vijek im je 1 – 2 godine) u vodama od oligosaprobnog do polisaprobnog karaktera. Kao bioindikatorska vrsta, iz navedenog roda, najviše se koristi *Erpobdella octoculata* (Slika 6).



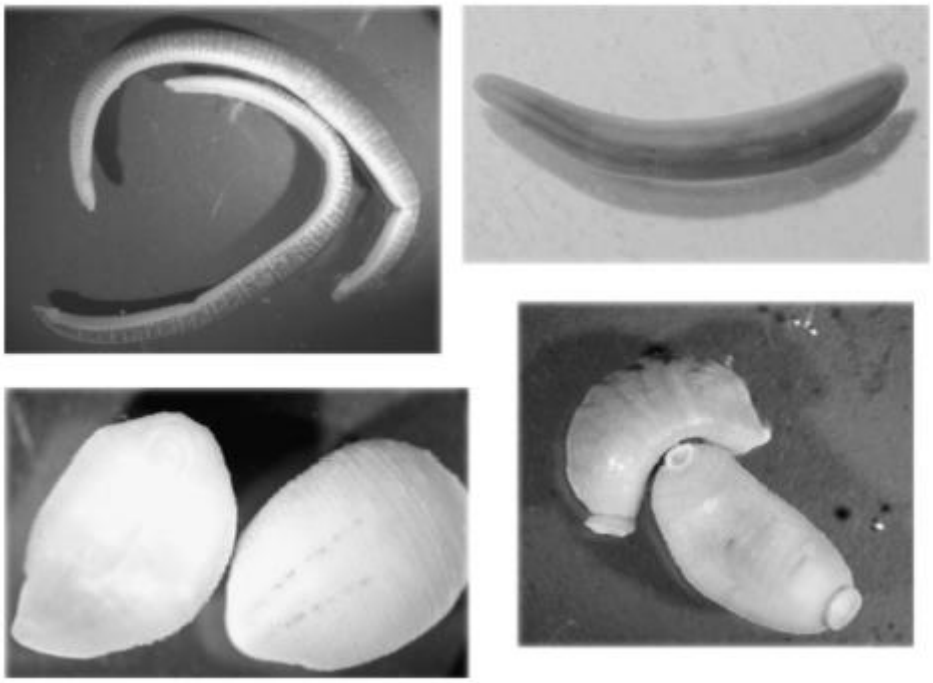
Slika 6. *Erpobdella octoculata* L.
(Preuzeto: Macova i sur., 2009).

Značajnije istraživanje koje je uključivalo *E. octoculata* kao bioindikatora bilo je na rijeci Skalice koje je trajalo 10 godina (1992. – 2003.) na 11 različitih lokacija. Rezultati su pokazali velike količine polikloriranih bifenila u tkivima pijavica i u uzorcima sedimenta, iako je uočeno da tijekom godina dolazi do smanjenja koncentracije PCB-a u toj rijeci. U tkivu *E. octoculata* pronađeni su sljedeći spojevi: benzotiazoli, klorfenoli, lindan, DDT i njegovi derivati te je time dokazano da se pijavice mogu koristiti kao odgovarajući bioindikatori prisutnosti toksičnih tvari u različitim vodenim ekosustavima (Macova i sur., 2009). U tkivu pijavica pronađena je i akumulirana puno veća koncentracija navedenih spojeva u odnosu na punoglavce, ribe i neke vrste beskralježnjaka koje možemo pronaći u bentosu. Prema Kazanci i sur. (2014), za ovu vrstu je karakteristično da podnosi visoke koncentracije nitrata i nitrita, amonijaka, fosfata i teških metala u vodi te je time dokazano da je vrsta veoma tolerantna na zagađenu okolinu. *Glossiphonia complanata* je, uz *E. octoculata*, također česta bioindikatorska vrsta opisana kao

vrlo tolerantna na zagađenu životnu okolinu. Ta vrsta ne izbjegava visoko onečišćena područja za razliku od *Alboglossiphonia heteroclita* (Koperski, 2005). *G. complanata* je poznata kao pijavica puževa pošto se većinom njima i hrani, ali konzumira također i mnogočetinaše i rakušce.

Osim *E.octoculata,* kao bioindikatori u drugim istraživanjima značajnima su se pokazale i *E. testacea, E. vilnensis, Haemopis sanguisuga, Dina stschegolewi, Limnatis nilotica, Helobdella stagnalis, Hirudo verbana* i još neke vrste roda *Hirudo. E. testacea* je pronađena većinom i u α-mezosaprobnim i β-mezosaprobnim sredinama, dok se *Haemopis sanguisuga* obično nalazi u β-mezosaprobnim vodama (Kazanci i sur., 2014). *E. vilnensis* je pronađena u β-mezosaprobnim sredinama sa povećanom količinom nitrata i nitrita. Veoma je tolerantna na onečišćenja životne okoline pa su istraživanja pokazala da se povremeno može pronaći i u α-mezosaprobnim i polisaprobnim vodama. Za vrstu *Helobdella stagnalis* je utvrđeno da se najčešće nalazi u α-mezosaprobnim vodama, ponekad čak i u β-mezosaprobnim i polisaprobnim sredinama, iako je navedena vrsta pronađena i u rijeci koja je u dobrom stanju s visokom kvalitetom vode. Istraživanja su pokazala da pojava *H. stagnalis* ovisi o koncentraciji amonijaka i temperaturi pri kojoj dolazi do povećanja brojnosti navedene vrste (Kazanci i sur., 2014). *Dina stschegolewi* je najčešće pokazatelj β-mezosaprobnih voda, dok se vrstu *Limnatis nilotica* uglavnom može pronaći u oligosaprobnim vodenim ekosustavima poput malih potoka, bara, nekih izvora i bunara pa i u jarcima. Njena pojava ovisi o pH, koncentraciji ortofosfata i amonijaka, temperaturi vode te ju možemo pronaći u vodi sa visokom koncentracijom sulfata i klorida. Što se tiče vrsta roda *Hirudo*, točnije *H. verbana*, koja se je u prošlosti vrlo često pomiješala sa *H. medicinalis* pa njezina rasprostranjenost u različitim ekosustavima nije dovoljno poznata, novija istraživanja koja su izvršena u jezerima na području Turske pokazala su da navedenu vrstu možemo pronaći u tekućim α-mezosaprobnim vodama, oligotrofnim, mezotrofnim, eutrofnim i politrofnim jezerima. Navedeno je da može živjeti čak i u aridnim uvjetima stoga se smatra da općenito vrste roda *Hirudo* nisu dobri bioindikatori zbog pronalaženja u raznim uvjetima, ali i zbog vrlo lake pogreške u sistematici vrsta (Kazanci i sur., 2014). Jedno istraživanje je provedeno u Varšavi u trajanju od 6 godina (2002. – 2008.) na više različitih lokaliteta da se utvrdi bioraznolikost vrsta na različitim područjima (Koperski, 2010). Jedan od njih se nalazio u prigradskom naselju blizu industrija, na području koje se koristi za rekreaciju, neki lokaliteti su se nalazili na obali i pritoku rijeka, eutrofnim jezerima i barama. Ukupno je pronađeno preko 4000 jedinki, a zapravo se radilo samo o 19 različitih vrsta pijavica od kojih su dominirale već spomenute *Erpodbella octoculata, Glossiphonia complanata,* ali i

Helobdella stagnalis i *Alboglossiphonia heteroclita* koje su bile prisutne kao subdominantne vrste. Nađene su u urbanim sredinama i stajaćim, slatkim vodama što upućuje na to da antropogeni utjecaj i velika količina zagađenja ne smetaju njihovom načinu života. Jedan od važnih parametara u ovakvim istraživanjima jesu pronađene rijetke vrste: *Dina apathyi* (Gedroyc, 1916.), *Dina lineata* (O.F.Muller, 1774.) *Batracobdelloides moogi* (Nesemann i Csanyi, 1995.), *Glossiphonia nebulosa* (Kalbe, 1964.), *Alboglossiphonia hyalina* (O.F.Muller, 1774.) i ljekovita pijavica *H. medicinalis* koja je u Poljskoj strogo zaštićena iako se vrlo često može pronaći u slatkovodnim ekosustavima (Slika 7).



Slika 7. Rijetke vrste pijavica u Varšavi: a) *Dina apathyi* b) *Dina linaeata* c) *Glossiphonia nebulosa* d) *Batracobdelloides moogi*

(Preuzeto: Koperski, 2010).

Mnoge od njih je teško determinirati, primjerice *D. apathyi*, koja je pronađena u barama i jezerima, od *D. punctata* i *D. stschegolewi* razlikuje građa reproduktivnog sustava. *Dina lineata* se smatra ugroženom vrstom zbog antropogenog utjecaja na njezino prirodno okruženje, a pronađena je u barama (Koperski, 2010).

Kod vrste *Batracobdelloides moogi* mnogi znanstvenici su imali problema sa determinacijom jer je došlo do čestih zamjena s *Batracobdella paludosa*, *Glossiphonia paludosa* ili *Glossiphonia slovaca*. *Glossiphonia nebulosa* je pronađena u rijekama i jezerima,

dok *Alboglossiphonia hyalina* susrećemo u barama gdje su puževi brojni, a predstavljaju važan izvor hrane navedenim pijavicama (Koperski, 2010). Najviše značajnih vrsta je pronađeno u jezerima zbog razne makrofitske vegetacije, emerzne i submerzne, koja ima višestruki utjecaj na ekologiju jezera. Uloga navedene vegetacije je redukcija procesa erozije i suspenzije sedimenta, vezanje nutrijenata čime se sprječava nekontrolirani rast fitoplanktona (smanjenje eutrofikacije) te predstavljaju utočište odnosno mikrostanište za zooplaktonske vrste, ali također i juvenilne stadije riba, kukaca pa čak i za pijavice (Web 6). Tijekom istraživanja na području Varšave otkrivena je samo jedna vrsta ribljih pijavica, *Piscicola geometra* L., no moguće je da je to posljedica metode uzorkovanja korištene u ovom istraživanju koje nisu bile adekvatne za utvrđivanje raznolikosti porodice Piscicolidae. Ti paraziti koji su pričvršćeni na koži i škrgama ribe, mogli bi također biti dobri bioindikatori u određenim sredinama te naravno pokazatelj biološke raznolikosti (Koperski, 2010). Porodica Piscicolidae ujedno je karakteristična za Bajkalsko jezero (koje je poznato po velikom broju endemskih vrsta), najstarije i najdublje jezero na svijetu koje se nalazi u azijskom dijelu Ruske Federacije. Tri vrste navedene populacije su endemi ovog jezera: *Baicalobdella torquata, Codonobdella truncata* i *Codonobdella zelenskiji*. Također su prisutni i endemi porodice Glossiphoniidae: *Baicaloclepsis echinulata, Baicaloclepsis grubei, Torix baicalensis* i *Theromyzon* spp. Osim endemskih vrsta pijavica u Rusiji, na području Balkana u Ohridskom jezeru (koje je zbog izuzetnih prirodnih karakteristika pod zaštitom UNESCO-a) prisutni su endemi: *Glossiphonia complanata maculosa, Glossiphonia pulchella* te *Dina ohridana* koja pripada porodici Erpobdellidae i jedna vrsta ribljih pijavica *Piscicola pawlowskii* (Sket i Trontelj, 2007). Drugim istraživanjem provedenim također u Poljskoj, koja je poznata po velikom broju jezera, utvrđena je loša kvaliteta vode zbog visoke koncentracije fosfata i niske koncentracije otopljenog kisika. Zbog deficita kisika dolazi i do ograničavajućeg razvoja makrofitske vegetacije, time i do slabijeg razvoja zooplanktona i ostale faune. U takvim vodama nađene su vrste roda Erpobdella, zatim *Glossiphonia complanata* i *Hemiclepsis marginata*, a najveći broj pronađenih jedinki pripada vrsti *Helobdella stagnalis* što opet ukazuje na njihovu idealnu ulogu kao bioindikatora u slatkovodnim ekosustavima (Obolewski i sur., 2009).

3. ZAKLJUČAK

Pijavice su najvećim dijelom slatkovodne životinje, s izuzecima nekih vrsta prisutnih u morskim i kopnenim staništima. S obzirom da pijavice mogu imati važnu ulogu u procjeni stanja vodenih ekosustava, znanje o takvim vrstama i njihovim staništima su prijeko potrebni. Odgovarajuća temperatura, pH, količina otopljenog kisika, koncentracije nitrata, nitrita, amonijaka i fosfata su okolišni parametri koji utječu na sastav i brojnost zajednica slatkovodnih pijavica. Pijavice mogu živjeti u različitim uvjetima, ali mnoge preferiraju zagađene ekosustave i imaju sposobnost akumulacije toksičnih tvari u tkivu, te su iz tih razloga odlični bioindikatori promjena u okolišu, dok pojedine vrste roda *Hirudo* (konkretno *H. medicinalis* te *H. verbana* i *H. orientalis*) imaju važniju ulogu u liječenju nego kao bioindikatori. Iako su naizgled mnogima neprihvatljive, njihova primjena u liječenju raznih bolesti može biti vrlo korisna. Zbog navedenih korisnih primjena, ove beskralježnjake, koji su vrlo često zanemareni u urbanim, ali i drugim sredinama, potrebno je proučavati i zaštititi kako bi očuvali bioraznolikost različitih slatkovodnih ekosustava te kako bi mogli pratiti stanje vodenih staništa i pravovremeno ih zaštititi.

4. LITERATURA

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, Zagreb, 306-311.

Kazanci N, Ekingen P, Dugel M. 2014. Hirudinea (Annelida) species and their ecological preferences in some running waters and lakes, *Springer*.

Klemm DJ. 1972. Freshwater leeches (Annelida:Hirudinea) of North America, *U.S.Government Printing Office*, Washington D.C.

Klemm DJ. 1995. Identification Guide to the Freshwater Leeches (Annelida:Hirudinea) of Florida nad Other Southern States.

Koperski P. 2005. Testing the suitability of leeches (Hirudinea, Clitellata) for biological assessment of lowland streams, *Polish journal of ecology*, 65-80.

Koperski P. 2010. Urban environments as habitats for rare aquatic species: The case of leeches (Euhirudinea, Clitellata) in Warsaw freshwaters, *Elsevier*, 233-240.

Krohne D.T. 2000. General ecology, *Brooks/Cole*, 512pp.

Macova S, Harustiakova D, Kolarova J, Machova J, Zlabek V, Vykusova B, Randak T, Velisek J, Poleszczuk G, Hajslova J, Pulkrabova J, Svobodova Z. 2009. Leeches as Sensor-bioindicators of River Contamination by PCBs, *Sensors*, 1807-1820.

Obolewski K, Glinska-Lewezuk K, Kobus S. 2009. An attempt at evaluating the influence of water quality on the qualitative and quantitative structure of epiphytic fauna dwelling on *Stratiotes aloides* L., a case study on an oxbow lake of the Lyna river, *Elementol*, 119-134.

Sawyer RT. 1981. Why we need to savethe medicinal leech, *Oryx*, 165-168.

Sket B, Trontelj P. 2007. Global diversity of leeches (Hirudinea) in freshwater, *Springer Science and Business Media*, 129-137.

Utevsky S, Kovalenko N, Doroshenko K, Petrauskiene L, Klymenko V. 2009. Chromosome numbers for three species of medicinal leeches (*Hirudo spp*.), *Springer*, 95-102.

WEB IZVORI

Web 1. http://blogs.scientificamerican.com/running-ponies/leeches-from-the-underworld-dont- want-your-blood/ - preuzeto: 20.06.2016.

Web 2. http://www.imr-journal.com/article/S2213-4220(15)00140-7/abstract - preuzeto: 20.06.2016.

Web 3. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4717768/ - preuzeto: 24.07.2016.

Web 4. http://www.poliklinika-harni.hr/PCBs.aspx - preuzeto: 24.07.2016.

Web 5. file:///C:/Users/Maja/Downloads/MANUSCRIPT_KMETIC.pdf - preuzeto: 24.07.2016.

Web 6. http://www.unizg.hr/rektorova/upload_2009/RektorovanagradaMatijaMeseljevic.pdf preuzeto: 26.07.2016.