

UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Ana Pavićević

**SEZONSKA DINAMIKA MAKROINVERTEBRATA
MAREZE I RIMANIĆA SA POSEBNIM OSVRTOM
NA VODENE KOLEOPTERE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Podgorica, 2011. godine



МНГ IV-2410

36945

Инв. бр. _____

PODACI I INFORMACIJE O DOKTORANTU

Ime i prezime:	Ana Pavičević
Datum i mjesto rođenja:	27.07.1979. godine, Cetinje
Naziv završenog postdiplomskog programa:	Prirodno-matematički fakultet, Odsjek za Biologiju, smjer - Biodiverzitet, ekologija i održivi razvoj
Godina završetka:	2006.

INFORMACIJE O DOKTORSKOJ DISERTACIJI

Naziv doktorskih studija:	Biologija
Naziv teze:	Sezonska dinamika makroinvertebrata Mareze i Rimanića sa posebnim osvrtom na vodene koeoptere
Fakultet na kojem je disertacija odbranjena:	PMF, Podgorica

UDK, OCJENA I ODBRANA DOKTORSKE DISERTACIJE

Datum prijave doktorske teze:	17.11. 2008.
Datum sjednice Senata Univerziteta na kojoj je prihvaćena teza:	26.02.2009.
Komisija za ocjenu podobnosti teze i kandidata:	prof.dr Vladimir Pešić prof.dr Drago Marić prof.dr Marijana Krivokapić
Mentor:	prof.dr Vladimir Pešić
Komisija za ocjenu doktorske disertacije:	prof.dr Vladimir Pešić prof.dr Drago Marić dr Sreten Mandić doc.dr Ljiljana Tomović doc.dr Srećko Ćurčić
Komisija za odbranu doktorske disertacije:	prof.dr Vladimir Pešić prof.dr Drago Marić dr Sreten Mandić doc. dr Ljiljana Tomović doc. dr Srećko Ćurčić
Datum odbrane:	20.12.2011.
Datum promocije:	

Zahvalnica



Veliku zahvalnost dugujem mom mentoru prof. dr Vladimiru Pešiću na usmjeravanju mog naučnog interesa kroz izbor teme i praćenje njene realizacije, koji je svojim iskustvom uz iskrene savjete i stručnu pomoć doprinio uspješnom završetku ovog rada.

Najtoplije se zahvaljujem dr Thibault Datry (Francuska), jer je svojim stručnim savjetima i idejama značajno uticao na cjelokupan izgled i sadržaj ove disertacije.

Najiskrenije se zahvaljujem dr Hans Fery (Berlin, koji mi je pomogao u jednoj fazi izrade ovog rada pri identifikaciji određenih vrsta.

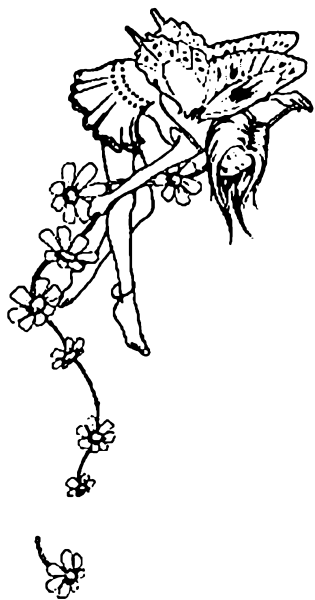
Ovom prilikom želim da se zahvalim i doc. dr Ljiljani Tomović (Beograd), koja je dala značajan doprinos u statističkoj obradi podataka.

Posebno želim da se zahvalim Ministarstvu prosvjete i nauke koje je omogućilo realizaciju ovog rada kroz projekat "Diverzitet vodenih Coleoptera kao indikatora akvatičnih ekosistema Crne Gore".

Mojoj sestri Ivani na konstantnoj i bezrezervnoj pomoći i pažnji koju mi je pružala u svim segmentima rada.

Mijatu Božoviću na prijateljskoj i kolegijalnoj podršci koju mi je pružao od početka izrade ovog rada.

Želim da se zahvalim i kolegama sa Studijskog programa za Biologiju, PMF-a u Podgorici.



Mojoj porodici

PREDGOVOR

Crna Gora se odlikuje specifičnom kombinacijom životnih uslova, koji je svrstavaju u biološki najraznovrsnija područja Evrope. Geografski položaj, geomorfološki, klimatski i drugi faktori usloveli su razvoj specifičnog živog svijeta vodenih invertebrata sa velikim brojem specifičnih životnih zajednica i endemičnih vrsta.

Velika raznovrsnost unutar makroinvertebrata omogućava im da budu prisutne u skoro svim prirodnim slatkovodnim ekosistemima. Ekološka i sistematska analiza vodenih invertebrata predmet je velikog broja naučnih studija kako u svijetu, tako i kod nas. Na žalost, o najvećem broju grupa makroinvertebrata, postoje samo fragmentirani, ili uopšte ne postoje faunistički podaci za naše područje. Vrlo slaba istraženost faune Crne Gore svakako nije izuzetak ni kada su u pitanju vodene koleoptere koje su sastavni dio zoobentosa vodenih ekosistema. To je i glavni razlog zbog kojeg smo se opredjelili za oblast faunističko-ekološkog istraživanja, koja su po samoj logici nezaobilazna stepenica za sva ostala biološka istraživanja neke grupe ili teritorije (zoogeografska, evoluciona, itd.), kao i za preduzimanje mjera zaštite i očuvanja biodiverziteta tog područja.

Neki od najvažnijih ciljeva koje smo postavili prilikom istraživanja tokom izrade ove disertacije bili su da se što potpunije istraži struktura faune vodenih koleoptera familije Dytiscidae, kao i taksonomski status pojedinih vrsta i podvrsta koje tu faunu sačinjavaju. Osim toga, ova studija imala je za cilj i da ispita kako se zajednice bentoskih makroinvertebrata mijenjaju sezonski, kako taksonomski tako i funkcionalno. U tom cilju pristupilo se praćenju strukture makroinvertebratske zajednice u potoku Rimanić, reokrenom izvoru Pištet i kanalu Mareza, svaki sa različitim hidrološkim i geomorfološkim karakteristikama. U ovom radu analizirali smo kako prirodni poremećaji, kao što su hidrološke promjene (variranja u toku vode npr. suše i poplave) mogu uticati na karakteristike staništa i na strukturu i dinamiku zajednice vodenih invertebrata. Zbog toga smo proučavali stanje staništa i strukturu i sastav zajednica makroinvertebrata u periodičnom potoku Rimanić u dva ključno različita hidrološka momenta. Prvi, kada je tok stabilan, i drugi u suvoj fazi kada postoje samo izolovani bazeni ili potpuno odsustvo toka u dijelu korita potoka. Pri tome je data pažnja proučavanju stepena ekosistemskog i makroinvertebratskog odgovora na promjenu hidroperioda u datom periodičnom potoku.

Osnovni cilj je bio da se dokaže da je opisivanje sušnog perioda u periodičnom potoku kao "biološki neaktivnog" netačno, što je i dokazano našom studijom.

Treba napomenuti da ova studija predstavlja prva ekološka istraživanja na Balkanskom poluostrvu u kojima su istraživani periodični potoci, koji predstavljaju jedan od najranjivijih ekosistema kad je riječ o klimatskim promijenama i uticaju na živi svijet. Poznato je da su periodične promijene u mediteranskim potocima u dobroj mjeri u vezi sa klimatskim faktorima. Mediteranski potoci su poznati po fluktuacijama toka, tokom i između godina, što može da prouzrokuje uglavnom ljeti, veoma ozbiljne promijene u uslovima sredine kao i strukturi i sastavu zajednica makroinvertebrata. Rezultati naših istraživanja su pokazala da se zajednica vodenih invertebrata, kao i vodenih koleoptera, u periodičnim potocima može uspješno koristiti kao sredstvo monitoringa u procijeni uticaja sušnih uslova na slatkovodna staništa.

IZVOD

U radu su koncipirana dva osnovna zadatka: I faunistička analiza vodenih koleoptera familije Dytiscidae u površinskim vodama Crne Gore, i II sezonska analiza bentoske invertebratske zajednice sa posebnim osvrtom na vodene koleoptere u perenijalnim i periodičnim staništima i njihova uporedna analiza.

I Ukupno su 39 vrste vodenih koleoptera iz familije Dytiscidae sakupljene sa 56 lokaliteta iz Crne Gore u periodu između 2007 i 2010. godine. Dvanaest vrsta i jedna podvrsta su registrovane po prvi put za faunu Crne Gore: *Agabus sturmii* (Gyllenhal, 1808), *A. paludosus* (Fabricius, 1801), *Deronectes moestus inconspicuosus* (Leprieur, 1876), *D. platynotus* (Germar, 1834), *Dytiscus circumcinctus* Ahrens, 1811, *D. dimidiatus* Bergstrasser, 1778, *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, *H. pubescens* (Gyllenhal, 1808), *Ilybius chalconatus* (Panzer, 1797), *I. fuliginosus fuliginosus* (Fabricius, 1792), *I. pseudoneglectus* (Franciscolo, 1972), *Liopterus haemorrhoidalis* (Fabricius, 1787) i *Nebrioporus luctuosus* (Aube, 1838). Polni sistem ženke vrste *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, koja je do sada bila poznata samo na osnovu mužijaka iz južne Makedonije, ilustrovan je po prvi put.

II Uporednom kvalitativnom analizom zajednice bentoskih invertebrata u tri perenijalna staništa (donji tok potoka Rimanić, izvor Pištet i kanal Mareza), ustanovili smo da nema značajnih razlika u strukturi makroinvertebratske zajednice i zajednice vodenih koleoptera. Sastav zajednice vodenih koleoptera na lokalitetu izvor Pištet je najslbližiji zajednici na lokalitetu donji tok potoka Rimanić, tj. Sorensenov indeks iznosi 0.47, u poređenju sa 0.29 sa lokalitetom Mareza, koji se odlikuje isključivo muljevitim supstratom.

U radu smo istraživali uticaj nestabilnog hidološkog režima (suša i poplava) na zajednicu bentoskih invertebrata na tri lokaliteta u periodičnom dijelu potoka Rimanić, koja se nalaze na različitim udaljenostima od perenijalnog dijela.

Analizom plavnog sedimenta utvrđeno je da u zajednici taksona otpornih na sušenje, koja se pojavljuje u plavnom sedimentu poslije dužeg sušnog perioda, dominiraju ostrakode i sa manjom gustinom oribatide, kao i manji broj insektskih taksona. NMDS ordinacija je pokazala da ne postoje značajne razlike u sastavu zajednice između tri istraživana lokaliteta, ali je pokazala razlike u odnosu na periode kad je urađeno uzorkovanje ($Rho = 0.47$).

Kvantitativna analiza akvatične zajednice invertebrata u periodičnom dijelu potoka Rimanić, pokazala je da je ova zajednica osjetljiva na sušne uslove, kao i da posjeduje efikasne mehanizme ponovne kolonizacije, ali je proces oporavka od sušnog perioda spor,

kako u pogledu ukupne abundantnosti tako i bogatstva taksona. NMDS ordinacija je pokazala da ne postoje značajne razlike u sastavu bentoske invertebratske zajednice, kao i zajednice vodenih koleoptera između tri istraživana lokaliteta, ali je pokazala razlike u odnosu na periode kad je urađeno uzorkovanje (zajednica bentoskih invertebrata, $Rho = 0.596$; zajednica vodenih koleoptera, $Rho = 0.403$).

Naša istraživanja su pokazala da se zajednica vodenih koleoptera u periodičnim potocima može uspješno koristiti kao sredstvo monitoringa u procijeni uticaja sušnih uslova na slatkovodna staništa.

ABSTRACT

The following two broad aims were addressed in this study: I Faunistic analysis of aquatic beetles of the family Dytiscidae in Montenegrin surface waters, and II Seasonal analysis of invertebrate assemblage, with particular emphasis on aquatic Coleoptera, in perennial and intermittent habitats and their comparative analysis.

I In total 39 water beetle species the family Dytiscidae were collected from 56 localities in Montenegro between 2007 and 2010. Twelve species and one subspecies are reported for the first time for Montenegro: *Agabus sturmii* (Gyllenhal, 1808), *A. paludosus* (Fabricius, 1801), *Deronectes moestus inconspectus* (Leprieur, 1876), *D. platynotus* (Germar, 1834), *Dytiscus circumcinctus* Ahrens, 1811, *D. dimidiatus* Bergstrasser, 1778, *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, *H. pubescens* (Gyllenhal, 1808), *Ilybius chalconatus* (Panzer, 1797), *I. fuliginosus fuliginosus* (Fabricius, 1792), *I. pseudoneglectus* (Franciscolo, 1972), *Liopterus haemorrhoidalis* (Fabricius, 1787) and *Nebrioporus luctuosus* (Aube, 1838). The female genitalia of *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, a rare water beetle previously known only from southern Macedonia, are illustrated.

II The comparative analysis of invertebrate assemblage at of three perennial localities (downstream part of Rimanić stream, spring Pištet and Mareza channel) has not shown significant differences in the structure of macroinvertebrate and water beetles assemblages. The faunal assemblage of aquatic beetles at the sampling site Pištet is most similar to downstream of Rimanić stream i.e., Sorensen index 0.47 compared to 0.29 at the sampling site Mareza, which had a substrate comprised only of mud.

In this study we examined impact of unstable hydrological regime (floods and seasonal drying) on invertebrate fauna from three intermittent sites along Rimanić stream at a different distance from perennial part. The desiccation resistant assemblage that appeared in inundated sediments after long dry periods was dominated by ostracods, and oribatids, with lower densities of a small number of insect taxa. NMDS ordination show no significant changes in assemblage between the studied sites, but reveal changes with date ($Rho = 0.47$).

Analysis of the process of recolonization of the intermittent part Rimanić stream during wet season, shown that invertebrate assemblage is sensitive to dry conditions and have efficient mechanisms of recolonization, but recovered slowly from the drought periods both in terms total abundance and taxa richness. The NMDS ordination indicated that invertebrate and water beetles assemblages show no significant changes in community structure between

the studied sites, but reveal changes with date (invertebrate assemblage, $Rho = 0.596$; aquatic beetle assemblage, $Rho = 0.403$).

Our study suggest that the water beetle community in intermittent streams may be useful in assessing the long-term impact of unstable hydrological regime on the freshwater habitats.

SADRŽAJ

I UVOD	1
1.1 Naučni cilj rada	4
1.2 Naučne metode	5
1.3 Aktuelnost problematike u svijetu	7
1.4 Organizacija teze	8
II TEORIJSKI DIO	10
2.1. Akvatične makroinvertebrate	10
2.1.1. <i>Prilagođenosti bentosnih makroinvertebrata na život vezan za dno vodenog ekosistema</i>	11
2.1.2. <i>Karakteristike životne istorije makroinvertebrata tekućih voda</i>	14
2.1.3. <i>Funkcionalne hranidbene grupe (FFG)</i>	16
2.1.4. <i>Sezonska dinamika zajednica makroinvertebrata</i>	20
2.1.5. <i>Uticaj poremećaja na sezonsku dinamiku makroinvertebrata</i>	22
2.1.6. <i>Prostorna i vremenska heterogenost i makroinvertebrate</i>	23
2.1.7. <i>Primjena akvatičnih makroinvertebrata u ocjeni kvaliteta površinskih voda</i>	29
2.2. Akvatične koleoptere	31
2.2.1. <i>Akvatične koleoptere familije Dytiscidae Crne Gore</i>	35
III MATERIJAL I METODE	36
3.1. Opis istraživanih lokaliteta	36
3.1.1. <i>Faunistička istraživanja akvatične koleoptera familije Dytiscidae</i>	36
3.1.2. <i>Sezonska dinamika makroinvertebrata</i>	36
3.2. Metode	41
3.2.1. <i>Metode sakupljanja vodenih koleoptera</i>	41
3.2.2. <i>Metode analize sezonske dinamike makroinvertebrata</i>	41
3.2.3. <i>Metode primjenjivane u numeričkoj obradi podataka</i>	42
IV REZULTATI I DISKUSIJA	44
4.1. Istraživanje vodenih koleoptera familije Dytiscidae Crne Gore	44
4.1.1. <i>Faunistički pregled nađenih vrsta vodenih koleoptera familije Dytiscidae</i>	44
4.1.2. <i>Ekološka i zoogeografska analiza vodenih koleoptera familije Dytiscidae Crne Gore</i>	52

4.2. Sezonska dinamika makroinvertebrata i vodenih koleoptera	57
4.2.1 <i>Sezonska dinamika zajednice vodenih invertebrata sa posebnim osvrtom na akvatične koleoptere u donjem toku potoka Rimanić</i>	57
4.2.2. <i>Sezonska dinamika zajednice vodenih makroinvertebrata sa posebnim osvrtom na akvatične koleoptere u izvoru Pišet</i>	59
4.2.3. <i>Sezonska dinamika zajednice vodenih makroinvertebrata sa posebnim osvrtom na akvatične koleoptere u kanalu Mareza</i>	60
4.2.4. <i>Ekološka analiza makroinvertebratske zajednice u perenijalnim staništima sa posebnim osvrtom na vodene koleoptere</i>	63
4.2.5. <i>Kvantitativna analiza plavnog sedimenta u periodičnom dijelu potoka Rimanić</i>	64
4.2.6. <i>Ekološka analiza uticaja sušnog perioda i uticaj plavljenja u periodičnom dijelu potoka Rimanić</i>	69
4.2.7. <i>Sezonska dinamika invertebratske zajednice u periodičnom dijelu potoka Rimanić</i>	70
4.2.7.1. <i>Sezonska dinamika zajednice vodenih koleoptera u periodičnom dijelu potoka Rimanić</i>	75
4.2.8. <i>Ekološka analiza invertebratske zajednice u periodičnom dijelu potoka Rimanić sa posebnim osvrtom na vodene koleoptere</i>	79
V ZAKLJUČCI	84
VI LITERATURA	87
VII PRILOZI	111

I UVOD

Unutar Evrope postoje velike razlike u stepenu sistematsko-taksonomske i faunističke istraženosti vodenih makroinvertebrata u koje spadaju i vodene Coleoptere, kao i značajne regionalne razlike. Ako pod elementarnom istraženošću neke faune podrazumijevamo postojanje relevantnog spiska pouzdano utvrđenih vrsta, koji ne odstupa značajno od realno očekivanog (u odnosu na raspoložive podatke o fauni šireg regiona i okolnih teritorija), na teritoriji Crne Gore raspoloživi podaci o vodenim invertebratama su sasvim oskudni i oni su na nezadovoljavajućem nivou faunistički i ekološki obrađeni.

Crna Gora se odlikuje specifičnom kombinacijom životnih uslova, koji je svrstavaju u biološki najraznovrsnija područja Evrope (Pešić i sar. 2010) i čine je neprocjenjivim objektom za naučno-istraživački rad. Geografski položaj, geomorfološki, klimatski i drugi faktori uslovili su razvoj specifičnog živog svijeta vodenih invertebrata, sa velikim brojem specifičnih životnih zajednica. Pripadnici vodenih invertebrata su prisutni u najširem opsegu tipova staništa, kategorija ekosistema i u vezi sa tim, pripadaju najrazličitijim životnim formama. Na žalost, o najvećem broju grupa makroinvertebrata, a među njima i vodenim koleopterama, postoje samo fragmentirani ili uopšte ne postoje faunistički podaci za naše područje (Pavićević 2006). Tako na primjer, u okviru vodenih Coleoptera najveći broj familija je zadovoljavajuće obrađen na nivou srednje i sjeverne Evrope. Za neke od njih postoje opsežni monografski radovi na nivou Evrope, ali se za najveći broj familija, raspoloživa literatura ne može neposredno primijeniti u procjeni diverziteta faune Balkanskog poluostrva.

Vodene invertebrate su dobile i nastavljaju da izazivaju interes naučne zajednice. Velika raznovrsnost unutar makroinvertebrata omogućava im da budu prisutne u skoro svim prirodnim slatkovodnim ekosistemima (Resh i Rosenberg 1984). Evolutivne adaptacije koje su stvorile raznolikost unutar grupa su takođe stvorile veliku raznovrstnost životnih istorija i fizioloških zahtjeva, koje promovišu upotrebu makroinvertebrata u naučnim studijama i biomonitoringu (Merritt i sar. 2008).

Vodene koleoptere obuhvataju grupu insekata, koja je široko rasprostranjena u slatkovodnim ekosistemima i mogu se naći u svim tipovima akvatičnih i semi-akvatičnih sredina, uključujući i specifične ekosisteme, kao što su brakične vode, povremene lokve, močvare i visoko planinska jezera (Merritt i Cummins 1996, Ribera i sar. 2002). Coleoptere igraju važnu ulogu u održavanju ekosistemske ravnoteže u vodenoj sredini, s obzirom da ovi

insekti zauzimaju niše na nekoliko trofičkih nivoa, od fitofagnih vrsta do predatora (Merritt i Cummins 1996, Costa i sar. 2006). Neke familije, kao npr. Dryopidae i Elmidae se često koriste kao indikatori kvaliteta vode (Brown 1981). Neke studije inkorporirale su Coleoptera u EPT (Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera) indeks kvaliteta vode (Compin i Céréghino 2003).

Prostorna i vremenska heterogenost staništa su dvije važne komponente u organizaciji makroinvertebratskih zajednica potoka (Southwood 1977, 1988, Townsend i Hildrew 1994). Faktori životne sredine koji utiču na organizme u potočnim ekosistemima mogu da se posmatraju kao hijerarhijski organizovani (Frissell i sar. 1986, Church 1996), pri čemu faktori na svakom nivou hijerarhije djeluju kao mehanički filteri koji utiču na prisustvo i abundantnost vodenih makroinvertebrata, kroz vremenske i prostorne skale (Poff 1999). Poremećaji ekosistema, bilo da su antropogeni ili prirodni fenomeni, kao što su suše, mogu izazvati promjene u zajednicama vodenih makroinvertebrata, mijenjanjem staništa ili fizičko-hemijskih uslova kojima su prilagođene da žive.

Biološke zajednice se razlikuju do izvjesne mjere, kao i što variraju u odgovoru na biotičke interakcije, abiotičke faktore, razlike u staništima i ekološkim uticajima (Pešić i sar. 2010). Različite zajednice pokazuju tendenciju da budu prisutne u različitim periodima godine i u različitim tipovima mikrostaništa unutar potoka (npr. lotički u odnosu na lentičke djelove). Većina familija makroinvertebrata sadrži rodove i vrste sa različitim karakteristikama životnih istorija. Neki rodovi posjeduju adaptacije, koje im omogućavaju da se odupru isušivanju i da se uspješno razviju u periodičnim (efemernim) vodama, dok drugi rodovi iz iste familije mogu trpjeti nedostatak ovih adaptacija i samim tim biti ograničeni na stalne (perenijalne) tokove. Wiggins i saradnici (1980) smatraju da oštrij, promjenljiviji ekološki uslovi u periodičnim (efemernim) vodama nameću dovoljno visok stepen ograničenja i da samo ograničen skup vrsta invertebrata može da prežive u ovim staništima.

Za razliku od stalnih potoka koji imaju kontinuirani površinski tok tokom cijele godine, jedna od najizrazitijih i ekološki najuticajnijih karakteristika periodičnih potoka (efemernih) je prirodno sušenje (Comín i Williams 1994, Uys i O'Keefe 1997, Williams 2006). Stopa sušenja, predvidljivost, trajanje i učestalost suvog perioda varira sa geografskim položajem i godišnjom količinom padavina. Periodični potoci su rasprostranjeni u centralnim i južnim djelovima Crne Gore, koji se odlikuju mediteranskom i submediteranskom klimom, a širom svijeta, u aridnim i semi-aridnim regionima (Gasith i Resh 1999). Sušni periodi u periodičnim potocima mogu se smatrati predvidljivim poremećajima zato što je ljetno-jesenje isušivanje korita potoka redovan događaj. Ekološki uticaji suše u tekućim vodama mogu biti direktni i

indirektni. Direktni uticaji su promjene u fizičkim i hemijskim uslovima, koje dovode do smanjenja nivoa vode, što vodi ka prekidanju hidrološke veze i smanjenju dostupnih staništa za vodene organizme (Stanley i sar. 1994, Boulton i sar. 2000). Indirektni uticaji uključuju povećanje stope predatorstva i interspecijske kompeticije, kao i promjene prirode izvora hrane (Miller i Golladay 1996, Lake 2000, Hancock 2002). Struktura zajednice makroinvertebrata će varirati tokom hidroperioda (Williams 1996), te stoga postoje različita ekološka očekivanja prilikom procjene stanja stalnih i periodičnih (efemernih) djelova jednog potoka. Periodični potoci nemaju tendenciju da imaju visok udio taksona sa adaptacijama otpornim na isušivanja, već da budu kolonizovani vrstama koje imaju kratke životne cikluse i sposobnost da se razviju u adultne stupnjeve prije nego što potok potpuno presuši.

Fauna invertebrata malih potoka primarno se sastoji od vodenih insekata, rakova, mekušaca i mnogih drugih invertebratskih taksona. Fauna insekata primarno se sastoji od Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Coleoptera, Trichoptera, Diptera i povremeno Lepidoptera. Crustacea (npr. Amphipoda, Isopoda) takođe mogu biti nađene u potocima, kao i mikrokrustacea, kao što su: Copepode, Ostracode i Cladocere. Druge invertebrate koje se često mogu naći u malim potocima uključuju nematode, oligohete, turbelarije, vodene grinje i mekušce, kao što su puževi i školjke. Ukupni diverzitet malih potoka može biti jako velik i sa velikom raznovrsnošću dostupne hrane, te nije iznenađujuće da su invertebrate razvile različite morfo-bihevijoralne mehanizme za korišćenje hranidbenih resursa.

Izvori su jedinstveni ekosistemi zato što se nalaze na granici između dva različita ekosistema: podzemnih i površinskih voda (Webb 1998), kao i između terestičnih i vodenih staništa (Cantonati i sar. 2006), stvarajući mozaik akvatičnih i semi-akvatičnih mikrostaništa, te se mogu smatrati "vrućim tačkama" vodenog biodiverziteta (Cantonati i sar. 2006, Staudacher i Füreder 2007). Oni su jedinstven ekoton, koji pruža karakteristično okruženje za organizme koji žive u njemu i oko njega (Fischer 1996, Lindegaard i sar. 1998). Za razliku od rijeka i potoka, izvori pružaju relativno stabilne abiotičke uslove, sa malim temperaturnim amplitudama, malim uticajem nutrijenata i relativno stabilnim režimom pražnjenja za vodene makroinvertebrate (Lake 2000).

Predviđanje vremenskog razvoja makroinvertebratske zajednice je važna tema održivog razvoja vodenih ekosistema. Bentoske zajednice slatkovodnih ekosistema su osjetljive na poremećaje, uzrokovane različitim prirodnim i antropogenim faktorima. Zajednice se mogu razvijati progresivno, sa daljim poremećajem ili regresivno, oporavljanjem od poremećaja (Hellawell 1986). Međutim, podaci o dinamici makroinvertebratskih zajednica su složeni i teški za predviđanje. Zajednice se obično sastoje od velikog broja vrsta i odraz su uticaja

različitih endogenih i egzogenih faktora i mijenjaju se nelinearno na prostorno-vremenskoj skali (Pešić i sar. 2010). Bentoske zajednice u potocima mijenjaju se veoma brzo kao odgovor na nastale poremećaje, tako da je oporavak faune poslije sušnog perioda u periodičnim potocima relativno brz (Boulton i Lake 1992a).

1.1 Naučni cilj rada

Vrlo slaba istraženost faune Crne Gore svakako nije izuzetak, ni kada su u pitanju slatkovodne makroinvertebrate, a samim tim i vodene koeptere, koje su sastavni dio zoobentosa vodenih ekosistema. To je i glavni razlog zbog kojeg smo se opredjelili za oblast faunističko-ekološkog istraživanja, koja su po samoj logici nezaobilazna stepenica za sva ostala biološka istraživanja neke grupe ili teritorije (zoogeografska, evoluciona, itd.), kao i za preduzimanje mjera zaštite i očuvanja biodiverziteta tog područja.

Neki od najvažnijih ciljeva koje smo postavili prilikom istraživanja faune koeptera tokom izrade ovoga rada su:

- da se što potpunije istraži struktura faune vodenih koeptera familije Dytiscidae, kao i taksonomski status pojedinih vrsta i podvrsta koje tu faunu sačinjavaju;
- da se ustanovi raspored vrsta prema vezanosti za određene tipove vodenih staništa, a u skladu sa njihovim ekološkim zahtjevima, kao i da se uradi zoogeografska analiza ove faune.

Ova studija imala je za cilj i da ispita kako se zajednice bentosnih makroinvertebrata mijenjaju sezonski, kako taksonomski tako i funkcionalno, i sa njima vezanim faktorima sredine u jednom potoku (Rimanić), reokrenom izvoru (Pištet) i kanalu (Mareza), svaki sa različitim hidrološkim i geomorfološkim karakteristikama. U ovom radu analizirali smo kako hidrološke promjene mogu uticati na karakteristike staništa i na zajednice vodenih makroinvertebrata. Zbog toga smo proučavali stanje staništa i zajednica makroinvertebrata u periodičnom potoku Rimanić, u dva ključno različita hidrološka momenta. Prvi, kada je tok stabilan i drugi, u suvoj fazi kada postoje samo izolovani bazeni ili potpuno odsustvo toka u dijelu korita potoka. Uzorkovanja su vršena u perenijalnim vodenim staništima, i to u izvorišnom dijelu (reokreni izvor Pištet) i u donjem dijelu potoka, koji imaju stalan tok tokom cijele godine, u cilju otkrivanja eventualne razlike u makroinvertebratskim zajednicama.

U okviru eksperimentalnog dijela, pristupilo se ispitivanju hidroperioda periodičnog dijela potoka Rimanić, pri čemu je data pažnja proučavanju stepena ekosistemskog i

makroinvertebratskog odgovora na promjenu hidroperioda u datom periodičnom potoku. Osnovni cilj je bio da se dokaže da je opisivanje sušnog perioda kao "biološki neaktivnog", netačno. Uzimajući sve ovo u obzir, postavljeni su sledeći ciljevi:

- utvrđivanje da li postoje razlike u taksonomskom sastavu bentoske invertebratske zajednice, a posebno zajednica vodenih koleoptera, između perenijalnog i periodičnog dijela potoka Rimanić;
- da li se diverzitet i karakteristike invertebratske zajednice, a time i vodenih koleoptera, smanjuju postepeno uzvodno od perenijalnih (stalnih) djelova, kao rezultat kolonizacije putem vazdušne disperzije, puzanja itd., tj. da li postoji prostorni model biodiverziteta kontrolisan periodičnim tokom u prostoru i vremenu;
- da li postoje promjene u životnim strategijama i strukturi zajednica invertebrata izazvane sušom;
- da li suvi sediment iz periodičnog dijela sadrži rezistentne oblike akvatičnih taksona na sušu.

Specifični ciljevi uključuju:

- određivanje kako variranja u hidroperiodu i staništu utiču na vodene koleoptere;
- određivanje koje su familije Coleoptera prisutne i predstavljaju indikatorske vrste unutar svakog hidrološkog perioda i tipa staništa.

Moramo naglasiti da smo svjesni, s obzirom na svu kompleksnost rada, da se svi postavljeni ciljevi ne mogu ostvariti u isto vrijeme i sa podjednakim uspjehom tokom ovih, vremenski ograničenih istraživanja na dvije godine intezivnog terenskog rada. Za neke od njih su bila potrebna mnogo studioznija i dugoročnija istraživanja. Dakle, rezultati ovih ovako organizovanih ekoloških istraživanja faune vodenih makroinvertebrata, ukazali su na potrebu za nastavkom ovih istraživanja, kako sa naučne, tako i sa primjenjene strane (uloga bioindikatora).

1.2. Naučne metode

Za realizaciju planiranih istraživanja primijenjene su standardne hidrobiološke metode, zavisno od vrste vodenog tijela u kojem je vršeno uzorkovanje (stajaće ili tekuće vode). Metode sakupljanja vodenih makroinvertebrata su veoma različite i zavise od sredine u kojoj organizmi žive i od njihove etologije (ponašanja). Vodene makroinvertebrate unutar jednog vodenog tijela, naseljavaju različita mikrostaništa, tako da je prilikom njihovog

sakupljanja potrebno obuhvatiti sva prisutna staništa (tj. mikrostaništa). Za svako uspješno sakupljanje vodenih invertebrata neophodno je poznavati njihovu biologiju (tip staništa, način ishrane, način razmnožavanja itd.).

Ekološke metode koriste sledeće elemente u procjeni strukturnih karakteristika hidrobiocenoza:

- Kvalitativan sastav (do nivoa vrste ili do nekog drugog taksonomskog nivoa: rod, familija, red).
- Kvantitativan sastav (brojnost – relativna ili apsolutna).
- Dominantnost – odnos brojnosti populacije jednog taksona, u odnosu na ukupnu brojnost svih taksona (najčešće izražen u %).
- Frekventnost ili učestalost – vezanost (prilagođenost) taksona za određene uslove staništa, što rezultira njihovim manje ili više konstantnim prisustvom u datom staništu.
- Indeksi diverziteta i sličnosti zajednice hidrobionata – koji predstavljaju matematički izraz odnosa kvalitativne i kvantitativne strukture zajednice (indeksi diverziteta); odnosno izraz kvalitativne i/ili kvantitativne sličnosti između zajednica hidrobionata (indeksi sličnosti).

Metode uzorkovanja mogu se podijeliti na: kvalitativne, semi-kvantitativne i kvantitativne (detaljno o ovim metodama u Pešić i Tomović 2011).

Kvalitativna analiza služi kako bi se dobili podaci o prisutnosti ili neprisutnosti pojedinih organizama. Prednost ovakve analize je u tome što se na ovaj način mogu obuhvatiti svi tipovi (mikro)staništa na jednom lokalitetu. Nedostaci ovakvog uzorkovanja je u tome što se ne mogu dobiti precizni podaci o abundantnosti ili biomasi pojedinih taksona, kao takvi se ne mogu upoređivati sa drugima podacima. Za potrebe našeg istraživanja kvalitativno sakupljanje je rađeno korišćenjem ručne planktonske mrežice (vidi detaljno u Pešić i Tomović 2011).

Semikvantitativna analiza je bazirana na metodama koje mjere uzorkovanje bentosa na osnovu utrošenog napora (vrijeme utrošeno po jednom staništu).

Kvantitativna analiza uključuje procjenu broja i biomase pojedinih taksona makrozoobentosa po jedinici površine ili volumena. Ova metoda daje informacije i o bogatstvu vrsta, distribuciji i produktivnosti jedinki. Za preciznije mjerenje i obradu rezultata, kod kvantitativne analize, potrebno je uzeti najmanje tri slučajne probe na jednom lokalitetu. Uzorkovanje bentosa za potrebe kvantitativne analize u našem istraživanju, rađeno je korišćenjem Surberove mreže (30.5cm x 30.5cm) (vidi detaljno u Pešić i Tomović 2011).

1.3 Aktualnost problematike u svijetu

Problematika istraživanja sezonske dinamike vodenih makroinvertebrata u slatkovodnim ekosistemima je veoma aktuelna u svijetu (Cummins 1992). Ovaj oblik hidrobioloških istraživanja je naročito intenziviran poslednjih decenija, uslijed povećanog zanimanja za stanje životne sredine i kvalitet voda, uzimajući u obzir da su zajednice vodenih makroinvertebrata takode dobri indikatori kvaliteta voda (Resh 1995, De Shon 1995). Trenutna znanja o životnim istorijama, ekologiji i geografskom rasprostranjenju vodenih beskičmenjaka su ograničena dijelom zbog ogromne raznolikosti vodenih beskičmenjaka.

Kako kod nas još uvijek ne postoji ovakav oblik istraživanja, a podataka o stanju i sastavu makroinvertebratskih zajednica slatkovodnih ekosistema nema, ova doktorska disertacija ima za cilj da odgovori na neka pitanja vezana za ovu problematiku.

Konkretno, veza između strukture makroinvertebratskih zajednica i varijabili životne sredine, je bila predmet brojnih ekoloških istraživanja (npr. Depiereux i sar. 1983, Townsend i sar. 1983, Wright i sar. 1984, Ormerod 1987, Ormerod i Eduards 1987, Boulton i Lake 1990, 1992a, b, Gower i sar. 1994, Tate i Heiny 1995). Proučavanja vremenskih variranja u strukturi zajednica potoka (Fisher i sar 1982, Scrimgeour i Winterbourn 1989), pokazala su da fizički poremećaji mogu biti važna determinanta strukture zajednice u lotičkim sistemima (Sousa 1984, Resh i sar 1988). Varijabilnost toka potoka je identifikovana kao glavni faktor uticaja na druge abiotičke i biotičke faktore, koji regulišu lotičke makrozoobentosne procese i obrasce (Brown i Brown 1984, Boulton i Lake 1990, Poff i Word 1989, Richards i sar. 1993, Cressa 1998). Boulton i Lake (1992a) smatraju da biotičke interakcije, kao što su konkurencija i predatorstvo (posebno kada se površinska voda povlači), će biti vjerovatno važne u regulisanju distribucije i abundantnosti makroinvertebrata. Posebno, predatorstvo od strane riba, se pokazalo da ima značajan uticaj na strukturu zajednica bentosnih makroinvertebrata i dinamiku populacija (Crowder i Cooper 1982; Gilinsky 1984, Tatrai i sar. 1994). Veza između zajednica vodenih koleoptera i karakteristika životne sredine (na pr. hemizma vode, hidroperioda, veličine vodenog tijela, homogenosti staništa, makrofita i sastava vegetacije itd.), bila je predmet brojnih istraživanja širom Evrope i Kanade (De Szalay i Resh 2000, Fairchild i sar. 2000, Lundkvist i sar. 2000).

Posebna pažnja poslednjih godina, posvećena je proučavanju periodičnih i efemernih potoka koji se karakterišu odsustvom toka u jednom dijelu godine. Naučne studije o efektu suše na faunu potoka su još uvijek relativno oskudne (npr. Williams i Hynes 1976, Iverson i

sar. 1978, Extence 1981, Cowx i sar. 1984, Delucchi 1987, Cortes i dr. 1998). Veliki doprinos su dali Boulton i Lake (1990, 1992b), koji smatraju da je presušivanje predvidljiv događaj u periodičnim potocima i može biti važna odrednica strukture i sastava makroinvertebratske zajednice potoka.

Sa druge strane, kada je riječ o izvorima limnološka istraživanja su pokazala relativno malo interesovanja za ovaj tip ekosistema. Nakon sveobuhvatne studije na početku 20. vijeka (npr. Steinmann 1915, Thienemann 1926, Geijskes 1935) interesovanje za izvore je smanjeno, osim za studije o toku energije i trofičkim odnosima u izvorskim ekosistema, kao odličnim modelima za ekosisteme u cjelini (Odum 1957, Teal 1957). Nakon tog vremena glavni fokus istraživanja izvora tiče se njihovog longitudinalnog zoniranja (npr. Vannote i sar, 1980, Resh 1983, McCabe, 1998), abiotske stabilnosti (npr. Minshall 1968, Vord i Dufford, 1979) i njihovog značaja, kao staništa za reliktnne vrste (npr. Nilsen 1950, Fišer 1996, Haiford i Herman 1998). Fauna beskičmenjaka u izvorima i izvorišnim potocima bila je predmet određenog broja studija u Evropi (Crema i sar. 1996, Botosaneanu 1998), dok je na Balkanu i u Crnoj Gori nedovoljno izučavana. Do sada je publikovano svega nekoliko radova o određenim taksonomskim grupama invertebrata u izvorima (Karanović T. 1998, Karanović I. 1998, Pešić 2001), ali izostaje bilo kakva ekološka studija o životnim zajednicama u izvorima. Postoji nedostatak autoekoloških studija i nema informacija o klasičnim limnološkim pitanjima kao što su: poremećaji, stope produkcije, odnosi predator – plijen, kao i lanci ishrane u ovom tipu ekosistema.

1.4 Organizacija teze

Disertacija je pisana u skladu sa standardnom metodologijom pisanja naučnih radova. Na početku rada su dati uvod i uvodne napomene o naučnom cilju disertacije, korišćenim metodama i aktuelnosti istraživane problematike u svijetu.

Teorijski dio je organizovan u dva poglavlja. U prvom poglavlju detaljno su razmatrane vodene makroinvertebrate i njihov značaj. Razmotrene su: prilagođenosti bentoskih makroinvertebrata na život, vezan za dno vodenog ekosistema; karakteristike životne istorije (life-history) makroinvertebrata tekućih voda; funkcionalne hranidbene grupe; sezonska dinamika zajednica makroinvertebrata; prostorna i vremenska heterogenost i makroinvertebrate; uticaj poremećaja na sezonsku dinamiku vodenih invertebrata; i primjena akvatičnih makroinvertebrata u ocjeni kvaliteta površinskih voda.

Drugo poglavlje posvećeno je vodenim koleopterama i njihovom značaju. Razmatrana je ekologija i biologija vodenih koleoptera, kao sastavnog dijela zoobentosa i njihov značaj i položaj u vodenom ekosistemu. Takođe, dat je kratak istorijat istraživanja ove grupe na prostoru Crne Gore.

U okviru trećeg dijela opisane su metode i materijal, koje su korišćene prilikom izrade ove doktorske teze.

Četvrto poglavlje predstavljaju rezultati i diskusija. Nalazi ove studije su predstavljeni u dva glavna dijela. Prvi dio sadrži rezultate faunističkih istraživanja vodenih koleoptera familije Dytiscidae Crne Gore. Drugi dio sadrži rezultate istraživanja kako se zajednice bentosnih makroinvertebrata mijenjaju sezonski na istraživanim lokalitetima: izvorišna otoka reokrenog izvora Pištet, donji dio toka potoka Rimanić i kanal Mareza. S obzirom da je ova studija sprovedena u periodičnom toku Rimanić, predstavljeni su rezultati istraživanja kako se strukture zajednica vodenih invertebrata i vodenih Coleoptera mijenjaju tokom jednogodišnjeg ciklusa u zavisnosti od dužine hidroperioda i postojanja sušnog i vlažnog perioda. Dva tipa staništa unutar potoka su prepoznata u skladu sa prirodnom periodikom njihovih uslova pražnjenja. Gornji dio potoka Rimanić ima periodični tok, dok je donji dio potoka perenijalan. U ovom poglavlju dati su rezultati istraživanja odgovora i oporavka zajednica vodenih invertebrata, kao i Coleoptera na hidrološke ekstreme (sezonska sušenja i plavljenja), na tri lokaliteta u periodičnom dijelu potoka, tokom jedne godine.

Na kraju, u okviru petog poglavlja dati su osnovni zaključci koji proizilaze iz ovih istraživanja.

U okviru literature dat je pregled referenci koje su korištene prilikom izrade ove doktorske disertacije.

II TEORIJSKI DIO

2.1. Akvatične makroinvertebrate

Akvatične makroinvertebrate (vodeni beskičmenjaci) su grupa organizama, koji naseljavaju dno (sedimente, detritus, makrofite, filamentozne alge) slatkovodnih ekosistema tokom cijelog svog života ili dijela svog životnog ciklusa. Veličina ovih organizama je >200 do 500 mikrometara (Hershey i Lamberti 1998). U okviru akvatičnih zajednica makroinvertebrata najčešće se srijeću različite taksonomske grupe: Turbellaria (slobodnoživeći pljosnati crvi), Nematoda (valjkasti crvi), Mollusca (mekušci), Gastropoda (puževi), Bivalvia (školjke), Oligochaeta (maločekinjaste gliste), Hirudinea (pijavice), Hydrachnidia (vodene grinje), Isopoda (vodene mokrice), Amphipoda, Ephemeroptera (vodeni cvetovi), Odonata (vilinski konjici), Plecoptera (obalčari), Heteroptera (raznokrilci), Coleoptera (tvrdokrilci), Diptera (dvokrilci), Trichoptera (vodeni moljci) i dr. Bentosne makroinvertebrate igraju različite funkcije u slatkovodnim ekosistemima: imaju važan uticaj na ciklus kruženja materije i energije kroz lance ishrane, primarnu produktivnost, razlaganje materije itd. (Wallace i Webster 1996, Covich i sar. 1999).

Abiotički faktori u akvatičnom ekosistemu, izraženi kroz hidromorfološke i fizičko-hemijske odlike vodenih staništa, značajno utiču na strukturu zajednica bentoskih makroinvertebrata. Od fizičko-hemijskih faktora, najveći značaj imaju temperatura i koncentracija rastvorenog kiseonika, a sa njima u vezi i vrijednosti kiseonične saturacije, pH vrijednost vode, koncentracija organskih materija i drugo. Od hidromorfoloških parametara, na strukturu bentosne zajednice, utiče prije svega tip podloge, brzina vode (u tekućim ekosistemima), vodni režim i drugo (Pešić i sar. 2010). Svi ovi faktori djeluju sinergistički na bentosne makroinvertebrate, a svaka vrsta posjeduje ekološku valencu u čijim granicama za dati parameter dotična vrsta preživljava. Prisustvo ili odsustvo neke vrste povezano je i sa arealom rasprostranjenja te vrste. Svi nabrojani činioci određuju sastav makrozoobentosa nekog vodenog ekosistema.

Sastav i gustina populacija vodenih makroinvertebrata u stajaćim i tekućim vodama su u tijesnoj vezi sa sezonskim oscilacionim i fluktuacionim promjenama, koje su uslovljene dinamikom životnog ciklusa i variranjem faktora sredine (Jeffries i Mills 1990). Veliki diverzitet makroinvertebrata u potocima odražava raznovrsnost ekoloških i evolucionih procesa. Zajednice vrsta unutar potoka uključuju makroinvertebrate iz nekoliko različitih

filuma, svaki sa vrstama koje su raznovrsne, kao odgovor na varijabilnost u fizičkoj sredini, raznovrsnost prisutnih mikrostaništa, sezonalnost resursa u potocima i interspecifičku interakciju unutar zajednica. U okviru svakog filuma, različite životne istorije ograničavaju odgovore na ove selektivne fizičke i biološke pritiske (Roff 1992).

2.1.1. Prilagođenosti bentosnih makroinvertebrata na život vezan za dno vodenog ekosistema

Vodene makroinvertebrate su svojim morfološkim, anatomskim i fiziološkim karakteristikama prilagođene fizičko-hemijskim osobinama vode kao životne sredine, bilo da se radi o slanim, brakičnim, slatkim, stajaćim ili tekućim vodama. Posledica njihove morfološko-anatomske-fiziološke prilagođenosti, građene kroz evoluciju, je njihovo kosmopolitsko rasprostranjenje.

Mnogi aspekti fizičke sredine vodenih ekosistema utiču na sastav i abundancu makroinvertebrata. Fauna makroinvertebrata u jednoj vodenoj sredini može varirati sa brzinom kretanja vode, temperaturom, tipom supstrata, koncentracijom rastvorenog kiseonika i hemizmom vode. Makroinvertebrate mirnih i sporo tekućih voda nisu spriječene u kretanju, npr. u traženju hrane ili izlasku na površinu vode, radi razmjene gasova. Nasuprot tome, reofilni organizmi tj. oni koji žive u brzo tekućim potocima i rijekama, imaju potrebu razvoja strukturnih, ponašajućih (bihevijoralnih) i fizioloških adaptacija, da opstanu u ovoj sredini. Među strukturnim adaptacijama koje se mogu naći kod reofilnih insekata su: spljošteni ili crvoliki (aerodinamički) oblik tijela; razvoj organa za pričvršćavanje: hidrauličnih sisaljki, kukica, niti, prijanjalki, proširenja na tijelu, koje spriječavaju da insekti budu odnešeni nizvodno strujom, da žive ispod kamenja, u pukotinama itd.; povećanje težine-izgradnja kućica (Trichoptera); redukcija nastavaka i dlačica po tijelu, kao i škrge zbog visoke koncentracije kiseonika u vodi itd. (Jeffries i Mills 1990).

Tok utiče na mnoge aspekte biologije makroinvertebrata, uključujući oblik tijela, način ishrane i kretanje. Velika većina životinja tekućih voda vezana je za dno i uglavnom su slabo pokretne, a neke žive i sedelački (sesilno). Radi što prisnijeg kontakta sa podlogom, a sa svrhom spriječavanja otplovljavanja, mnoge životinje su dorzo-ventralno spljoštene (na pr. Plecoptera i Ephemeroptera) (Pešić i sar. 2010). Kod vrsta koje žive na otvorenim površinama, spljošteni oblik tijela pomaže im da ostanu unutar tzv. »graničnog sloja« (Pešić i sar. 2010). Aerodinamični oblik pomaže da se suprostave struji, ukopavanjem u supstrat.

Neke vrste, osim što su dorzoventralno spljoštene izlučuju i sluz (Turbellaria) i na taj način su još bliskije vezane za podlogu. Vrste koje su izložene najjačoj struji vode, imaju posebne organe za prihvatanje (Diptera) ili imaju poseban vijenac kukica koji im služi za prihvatanje (Diptera). Larve nekih makroinvertebrata (Trichoptera, Hydropsychidae), koje žive ispod kamenja, pletu posebne mreže za lov, kojima hvataju hranu i na taj način nisu izložene riziku da budu otplavljene sa staništa. Osim toga, većina životinja koje žive na dnu ima jake kandže na nogama (Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera), pomoću kojih se mogu prihvatiti i za najmanja udubljenja na kamenju. Larve Trichoptera koje grade kućice, a žive u jakoj struji vode, imaju kućice od zrnaca pijeska i malih kamenčića, pa zbog težine ne mogu biti odnijete strujanjem vode. Neke invertebrate preferiraju sporije struje, kao što su lentički djelovi potoka (u lokvama i dužinom obale potoka), gdje se vrši depozicija organskih materija i obično imaju crvolik oblik tijela. Tokom evolucije članovi reofilnih vrsta, iako su se prilagodili na sredinu sa visokom koncentracijom kiseonika i obavljanju najvećeg dijela ili kompletne razmjene gasova direktno kroz tjelesni zid, ipak zavise od vodene struje da obnove zalihe kiseonika na površini tijela.

S obzirom da im struja onemogućava kretanje, makroinvertebrate lotičkih ekosistema hranu uzimaju pasivno, odnosno zavise od struje koja im donosi hranu (posebno mikroorganizme i detritus), pa su neke vrste razvile posebne adaptacije koje im pomažu u sakupljanju hrane (npr. mreže larvi Trichoptera, ivične dlake na prednjm nogama larvi Plecoptera, lepljive niti pljuvačnih žlijezda kod Chironomidae-a). Protok vode je od značaja za priliv nutrijenata, a pošto se promjene protoka dešavaju najčešće sezonski, ovi organizmi tekućih voda, su svojim životnim ciklusima prilagođeni na te promjene.

Još jedan važan fizički aspekt staništa u distribuciji vodenih makroinvertebrata, koji je povezan sa stepenom vodenog kretanja, je supstrat. Sastav dna ima značajnu ulogu u formiranju biocenoza tekućih voda, kako direktno tako i indirektno. Lotički supstrat može se podijeliti na neorganski (geološki materijal od mulja do stijena) i organski (organski materijal od finih čestica do drveća). Veličina čestica neorganske materije ima veći uticaj na strukturu zajednica makroinvertebrata. Krupniji materijal korita (npr. kamenje, stijene), obezbjeđuje više intersticijalnih staništa za makroinvertebrate nego fini sediment (npr. pijesak, mulj). Manji diverzitet invertebrata se obično nalazi u finom sediment, zato što čvrsto pakovanje čestica ograničava fizičko stanište i zadržavanje detritusa može ograničiti dostupnost kiseonika (Allan 1996). Međutim, taksoni prilagođeni ovakvim staništima (npr. Oligochaeta, Diptera (Chironomidae), neke Ephemeroptere) mogu biti abundantni. Organski supstrat kao što su krupni drveni ili lisni ostaci, su često "vruće tačke" za aktivnost invertebrata zato što im

obezbojeuju i supstrat i hranjivi resurs. Bentoski organizmi su različito prilagođeni u zavisnosti od sastava podloge. Predstavnici mnogih vrsta insekata koji žive u rijekama i potocima, vezani su za poseban tip supstrata, npr. larve Coleoptera, koje žive u brzo tekućim vodama, zahtijevaju krupnije kamenje za koje se mogu pričvrstiti, larve familije Libellulidae (Odonata) se ukopavaju u supstrat itd.

Količina rastvorenog kiseonika je od posebnog značaja u vodenom ekosistemu (Pešić i sar. 2010). Njegova koncentracija zavisi od niza faktora, kao što su: temperatura vode, količina rastvorenih soli u vodi, nadmorske visine, prisustva količine organske materije i drugo. Prilagođenosti bentoskih makroinvertebrata na variranja ovog ekološkog faktora, odvijala su se u različitim pravcima. Tako na primjer, uslijed intenzivne bakteriološke razgradnje, u organski opterećenim vodama, može doći do drastičnog smanjenja količine kiseonika u vodi, što za posljedicu ima pojavu vrsta koje mogu opstati u vodi sa malo kiseonika, kao što su larve hironomida (Diptera) i oligoheta (Tubificidae). Te vrste u tjelesnoj tečnosti imaju posebnu vrstu hemoglobina pomoću kojeg mogu vezati dovoljno kiseonika za svoje potrebe i kod vrlo malih količina kiseonika u okolnoj sredini (Pešić i sar. 2010). Drugi aspekti hemizma vode mogu ograničiti prisustvo makroinvertebrata koje zahtijevaju specifične jone, kao što su gastropode i bivalvije, kojima je potreban kalcijum za formiranje ljuštura.

Drift je nizvodni transport organizama putem struje (obično se izražava kao broj/m³). Neke makroinvertebrate su više sklonije driftu od drugih i makroinvertebrate koje su podložne driftu su privremeni stanovnici vodenog stuba. Proporcija faune sklone driftu u poređenju sa onom na dnu potoka je veoma mala (0.01-0.5%, Waters 1972). Eksperimentalna proučavanja drifta makroinvertebrata su bila uglavnom usmjerena na Ephemeroptere, posebno *Baetis spp.*, zbog toga što su najčešće izložene driftu i lako se identifikuju (Hershey i sar. 1993). Procjena rastojanja (daljine) drifta široko varira (u malim i srednjim potocima nekoliko metara ili manje). Drift može biti pasivan ili aktivan i do njega može doći uslijed smanjenja hranidbenih resursa, prisustva predatora, hemijskog zagađenja itd. On je i važan mehanizam za disperziju invertebrata, posebno ranih larvalnih stadijuma (larve *Baetis* premještene nizvodno driftom, kasnije lete uzvodno kao adulti zbog ovipozicije) (Hershey i sar. 1993).

Drift je složen i veoma čest među larvama i nimfama insekata. Za neke vrste drift je sezonskog karaktera, dok kod *Gammarus* i *Baetis* nastaje tek nakon zalaska Sunca (Hershey i Lamberti, 1998). Izgleda da kod nekih noćno-migracionih vrsta svjetlost inhibira drift

(Hershey i Lamberti 1998). To je možda zato što traženje tamnih mjesta unutar vodenog toka, predstavlja spas od predatora tokom dana.

Drift ili vodeni transport bentosnih beskičmenjaka, igra ključnu ulogu u prostornoj distribuciji makrobentosa potoka (Muller 1954, Waters 1965, 1972, Elliott 1967, Brittain i Eikeland 1988, Grzybkowska 2000). Sa jedne strane drift je osnovno sredstvo rekolonizacije korita potoka nakon suše ili teškog zagađenja i kolonizacije supstrata suspendovanog u vodenom stubu (Minshall i Petersen 1985), ali sa druge je veoma važan način za jedinke da izbjegnu pritisak predatora i riješe problem inter- i intraspecijske interakcije (Peckarsky i sar. 2001, Pijanowska 1999). Jedinke mogu da mijenjaju svoj bihevijoralni drift kao odgovor na druge karakteristike potoka i rijeke, na primjer, prisustvo skloništa dostupnih za jedinke (Raeder i McArthur 1995).

Postoji poznata paradigma u limnologiji da ne postoji drift faune "sam po sebi" (Waters 1972). Tako su poslednjih nekoliko decenija uzroci migracije makroinvertebrata u vodenom stubu proučavani od strane mnogih limnologa. Na početku odgovarajućih istraživanja najviše pažnje je bilo posvećeno abiotičkim parametrima (Muller 1954, Waters 1965, 1972, Elliott 1967, Brittain i Eikeland 1988). Brojnim studijama konstatovano je da brzina toka spada u najznačajnije faktore koji određuju drift i da karakteristike potoka i rijeke, kao što su prisustvo refugijalnog prostora ili stabilnost korita igraju važnu ulogu u održavanju zajednica beskičmenjaka (Borchard i Statzner 1990, Matthaei i Townsend 2000).

Neki taksoni vodenih beskičmenjaka su skloniji driftu od drugih, npr. među insektima Ephemeroptere, neke Plecoptere i Trichoptere, neke Diptere i među Crustacea - Isopoda i Amphipoda. Njihova izuzetna sposobnost drifta može biti posledica toga da mogu lako ući i napustiti vodeni stub (Elliott 1967, Bishop i Hynes 1969, Skinner 1985, Benke i sar. 1986, Obi i Conner 1986, Grzybkowska i sar. 1987), ali može se tumačiti i u kontekstu ponašanja traganja za hranom i mogućnosti za izbjegavanje predatora. Predatorske invertebrate su veoma važne u određivanju gustine drifta, dok su ribe značajne u određivanju vremena potrebnog za drift (Kołodziejczyk 1999).

2.1.2. Karakteristike životne istorije makroinvertebrata tekućih voda

Životna strategija (*eng. life history*) jedinke predstavlja životni obrazac rasta, razvića, akumulacije energije i reprodukcije, pri čemu je svaka životna istorija na neki način jedinstvena (Pešić i sar. 2010). Životna istorija jedinke nije nepromjenjiva. Ona varira u okviru opsega koji je određen genotipom jedinke, što znači da se pri različitim uslovima

spoljašnje sredine fenotipska ekspresija genotipa može mijenjati, što se definiše kao fenotipska plastičnost. Uzroci variranja osobina životne istorije podrazumijevaju sredinske (temperatura, količina padavina, prisustvo predatora, kompeticija) i genetičke faktore.

Teorija životnih istorija opisuje dinamiku procesa, kao što su rast, polno sazrijevanje, reprodukcija, koji se dešavaju tokom života jedinke i predstavljaju rezultat strategija preživljavanja (Roff 1992, Stearns 1992). Komponente životne istorije nekog organizma predstavljaju adaptacije – osobine koje povećavaju vjerovatnoću opstanka i reprodukcije u datoj sredini (Futuyma 1998). Detaljne dugoročne studije dinamike jedne populacije mogu nam dati uvid u varijacije životne istorije (Bauwens 1999).

Velika raznovrsnost unutar makroinvertebrata omogućava im da budu prisutne u skoro svim prirodnim slatkovodnim ekosistemima (Resh i Rosenberg 1984). Evolutivne adaptacije koje su stvorile raznolikost unutar grupa su takođe stvorile veliku raznovrstnost životnih istorija i fizioloških zahtjeva, koji promovišu upotrebu makroinvertebrata u naučnim studijama i biomonitoringu (Merritt i sar. 2008). Ovo uključuje variranje dužine životnih ciklusa, strategije razvoja i sezonsku dinamiku različitih stupnjeva životnih strategija.

Vjerovatnoća kojom će jedan organizam da završi svoj životni ciklus zavisi od ograničenja životne sredine, posebno temperature i nutrijenata, isto kao i evolucionih faktora. Makroinvertebrate potoka mogu biti univoltne (sa jednom generacijom tokom godine), multivoltne (više od jedne generacije tokom godine, npr. bivoltne = 2 generacije tokom jedne godine, trivoltne = 3 generacije tokom jedne godine), semivoltne (dvogodišnji životni ciklus) ili merovoltne (životni ciklus traje tri ili više godina). Obično, krupnije makroinvertebrate imaju duži životni ciklus nego manje vrste. Na primjer, male vrste *Baetis* (Ephemeroptera) su univoltne, dok krupnije vrste *Brachycentrus* (Trichoptera) imaju trogodišnji životni ciklus (Hershey i sar. 1997).

Faktori životne sredine, posebno temperatura i fotoperiod (dužina trajanja dana), kao i evolucioni faktori služe za sinhronizaciju životnih ciklusa invertebrata (Butler 1984). Mnogi vodeni insekti imaju životne cikluse sa sinhronizovanim razvojem. Na primjer, mnogi insekti prezimljuju u obliku jajeta i izliježu se u proljeće, kada postoji odgovarajuća temperatura ili fotoperiod. Iako može postojati nekoliko, kako evolucionih tako i sredinskih mehanizama koji doprinose sinhronizaciji razvoja, oni variraju između vrsta. Zbog toga što vrste unutar jednog potoka pokazuju širok opseg životnih strategija, miješanje vrsta unutar zajednica potoka se dešava neprekidno tokom jednogodišnjeg ciklusa.

Razlike u strategijama razvoja su više evidentne između insekata i ne-insekatiskih makroinvertebrata, iako značajne razlike se takođe dešavaju unutar klase insekata. Mnoge ne-

insekatske makroinvertebrate provedu cijeli svoj životni ciklus u potoku, dok među insektima postoje oni koji imaju vazdušne adultne faze i reprodukcija se dešava izvan vodene sredine (Pešić i sar. 2010). Stoga, za mnoge insekte adultna faza je važna za disperziju, omogućavajući uzvodnu ovipoziciju. Životni ciklusi vodenih insekata mogu biti veoma kratki ili dugi, na primjer životni ciklus komaraca (Culicidae) traje dvije nedelje, dok nekim larvama Megaloptera (Corydalidae, *Cornutus* sp.) treba 4 do 5 godina da bi završile životni ciklus. Postoje tri tipa životnih ciklusa u potocima: 1) *sporo sezonski životni ciklus* - obično se dešava u hladnijim potocima; insekti rastu tokom jeseni i zime, hraneći se lisnim detritusom. Lutke i adulti će se pojaviti od kasne zime do ranog ljeta (npr. neke Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera); 2) *brzo sezonski životni ciklus* - odlikuje se brzim rastom imaturnih oblika nakon dugog perioda dijapauze u obliku jaja ili larve. Ovi insekti mogu ostati u stadijumu jajeta od avgusta do marta, larvalnom stadijumu od marta do maja/juna i postati adulti u junu ili julu (npr. neke Trichoptera); 3) *ne sezonski životni ciklus* - kod ovog tipa postoji nekoliko stupnjeva ili veličina jedinki prisutnih u svim sezonama (npr. Megaloptera) (Voshell i Reese 2002).

2.1.3. Funkcionalne hranidbene grupe (FFG)

Struktura funkcionalnih hranidbenih grupa (FFG), mogla bi biti dio jedinstvene mjere ocjene zajednica, različitog taksonomskog sastava, jer strategije u ishrani su tipične osobine koje odražavaju adaptacije vrsta na ekološke faktore. Ali čak i taksonomski srodne vrste mogu imati različite načine ishrane i zbog toga studije o strukturi hranidbenih grupa (FFG) u potocima mogu biti pristrasne (Covich 1988). Ekološke funkcije se mogu opisati kao mnoštvo opštih bioloških osobina koje su odraz adaptacija vrsta na faktore spoljašnje sredine. Klasifikacija vodenih organizama prema funkcionalnim hranidbenim grupama proširuje znanje o trofičkoj dinamici potoka pomoću pojednostavljenja bentosnih zajednica u trofičke esnafe (trofička udruženja) - funkcionalne hranidbene grupe (FFG). Velika fleksibilnost životnih istorija i pokretljivost koja karakteriše mnoge taksone potoka može mnogo uticati na njihovu fleksibilnost u pribavljanju hranidbenih resursa (Covich 1988).

Pristup funkcionalnih hranidbenih grupa kategorizuje potrošače (konzumente) potoka u funkcionalne, prije nego u taksonomske grupe i zasniva se na njihovim mehanizmima za uzimanje hrane i veličine partikula (Merritt i Cumins 1996). Neke studije su pokazale da većina proučavanih taksona je sposobna da zauzima najmanje dva trofička nivoa ili mogu mijenjati funkcionalnu hranidbenu grupu tokom razvoja (Merritt i Cumins 1996a). Relativna

fleksibilnost u trofičkim nivoima može smanjiti preklapanje niša između i unutar vrsta i stoga smanjiti inter- i intraspecijsku kompeticiju (Woodward i Hildrew 2002). Zajednice u kojima dominiraju taksoni sa velikim afinitetom prema istom hranidbenom resursu podrazumijevaju manju interspecijsku kompeticiju za resurse i stoga relativno visoku dostupnost resursa.

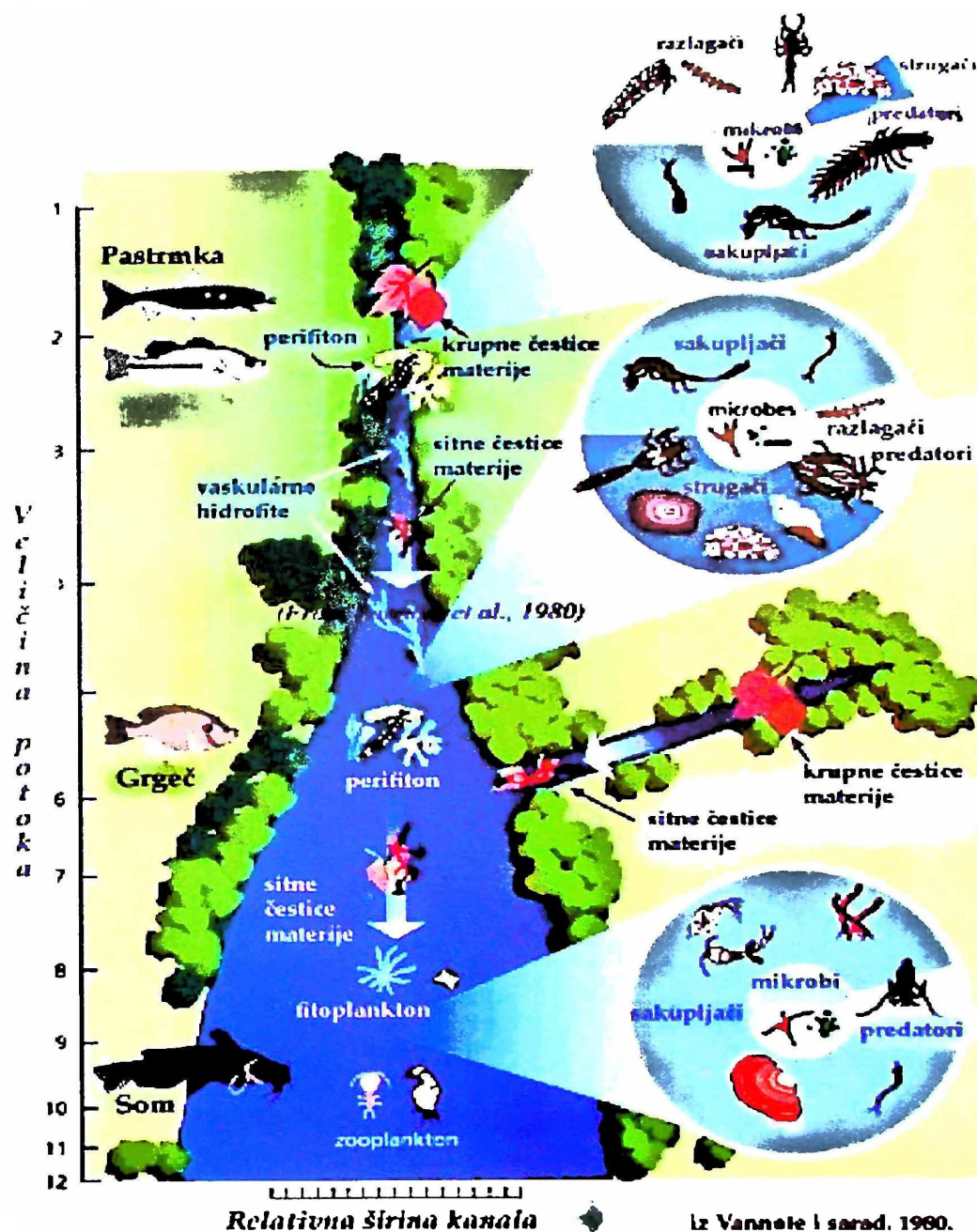
Prema hranidbenim navikama, makroinvertebrate možemo podijeliti u četiri glavne funkcionalne hranidbene grupe (Merritt i Cummins 1996): razlagači, strugači, sakupljači i predatori. *Razlagači* imaju usni aparat za žvakanje, koje im omogućava da se hrane krupnim česticama organskog porijekla ($>1\text{mm}$), pri čemu ih drobe na mnoštvo manjih fragmenata. Ovi organizmi imaju tendenciju da naseljavaju gornje (*engl. headwater*) djelove potoka i druge oblasti sa visokim procentom biljnog pokrivača. U ovu grupu spada većina Plecoptera, Diptera, Trichoptera, gamaridni račići (*Gammarus* sp.), izopodni račići iz roda *Asellus* (Pešić i sar. 2010). *Strugači* su češći u srednjim djelovima potoka, gdje su prilagođeni za struganje i iskorišćavanje organskog sloja koji se nalazi na kamenju i drvnim ostacima, a sastoji se iz pričvršćenih algi i mrtve organske materije. U strugače spadaju puž *Ancylus fluviatilis*, veliki broj larvi insekata Ephemeroptera (Blephaceridae), vodenih Coleoptera (Psephenidae), kao i neke Trichoptera (Pešić i sar. 2010). *Sakupljači* zavise od sitnih čestica organske materije (tj. mješavine detritusa biljnog porijekla, bakterija, algi i jednoćelijskih životinja, ali i ostalih organskih čestica $<1\text{mm}$ i $>0,45\mu\text{m}$), koje uzimaju bilo filtriranjem (Copepoda, Ostracoda, Bivalvia, Trichoptera-*Hydropsyche*, neke Diptere) iz vode ili sakupljanjem sa dna. Larve Simulida (Diptera) su pričvršćene za podlogu i filtriraju čestice iz vode pomoću lepljivih nastavaka u obliku "kose" na glavi. Mnogi sakupljači su prilagođeni za zakopavanje u sedimentu (npr. Chironomidae, Oligochaeta-*Tubifex tubifex*). Sakupljači naseljavaju sve djelove potoka i riječnog kontinuuma, jer fine čestice su prisutne u svim djelovima sistema. Međutim, oni obično čine veći procenat makroinvertebratskih populacija u donjem dijelu toka, gdje se akumulira sediment i stanište je manje pogodno za razlagače i strugače. *Predatori* konzumiraju druge makroinvertebrate i naseljavaju sve djelove potoka i riječnog sistema. Oni imaju fizičke adaptacije pogodne za hvatanje plijena, kao što su grabežljive prednje noge i jak usni aparat za grickanje i žvakanje. Nimfe i larve Odonata, neke Heteroptera, Megaloptera i Coleoptera ispoljavaju mnoge od ovih karakteristika. Predatori su često kategorisani prema načinu hvatanja i ubijanja plijena. Neki predatori, kao što su Plecoptera aktivno traže plijen, dok druge kao što su Odonate, su poznate po tome što postavljaju "zasijedu" ili "sjede i čekaju". Kada je plijen uhvaćen postoje različiti načini varenja ili predatori obično progutaju cijeli plijen ili se hrane tjelesnim tečnostima, koristeći specijalizovani usni aparat za probijanje i isisavanje dijelom svarenih tkiva u obliku tjelesne

tečnosti, zahvaljujući digestivnom enzimu koji ubrizgavaju u plijen. Relativna veličina predatora i plijena, kao i način ishrane koji koriste, predatori su važni mehanizmi ograničavanja predator-plijen interakcija. Uloga predatora u kontroli distribucije i abudantnosti plijena je centralno pitanje u ekologiji (Pešić i sar. 2010). Neke studije su pokazale da u mnogim potočnim ekosistemima predatori vjerovatno ne kontrolišu abudantnost svog plijena, zato jer su zajednice potoka veoma otvorene za imigracije i emigracije i predatora i plijena (Cooper i sar. 1990). Međutim, sposobnost plijena u izbjegavanju predatora može biti veoma značajna u formiranju zajednica (npr. Ephemeroptera koriste drift da bi izbjegle predatorstvo od strane Plecoptera) (Peckarsy i Dodson 1980). Iako su predator-plijen interakcije veoma različite i mnoge specifične interakcije nerazjašnjene, makroinvertebratski predatori ipak mijenjaju distribuciju i ponašanje plijena, a vjerovatno su važni i u selekciji morfoloških adaptacija plijena u odbrani od predatora. Hranidbene strategije strugača, razlagača i predatora, uključuju veliku pokretljivost (aktivno traganje za hranom) ili posjećivanje nestabilnih supstrata (prisustvo razlagača u sloju lišća), stoga su značajno izloženi toku vodene struje i samim tim visokom riziku od drifta.

Podjela makroinvertebrata na funkcionalne hranidbene grupe olakšava proučavanje ekosistema potoka i obezbjeđuje osnovu za komparativna proučavanja potoka; biomase i produktivnosti potrošačkih grupa između zajednica različitih potoka, pošto je mnogo teže napraviti takve komparacije na nivou vrsta. Treba imati na umu, da svrstavanje pojedinačnih organizama iz uzoraka potoka u funkcionalne hranidbene grupe, zahtijeva identifikaciju organizama najmanje do nivoa familije ili mnogo češće do nivoa roda.

Koncept funkcionalnih hranidbenih grupa se inkorporirao u koncept riječnog kontinuuma (*engl. River Continuum Concept*) (Vannote i sar. 1980), koji se uglavnom fokusira na interakciji makroinvertebrata potoka sa njihovim staništem i hranidbenim resursima (Slika 1). Koncept riječnog kontinuuma pruža okvir za razumijevanje variranja u fizičkim i biološkim procesima, duž i unutar potoka. Ovaj koncept predviđa da će mali, zaklonjeni potoci, imati veći input priobalnog detritusa, a samim tim u makroinvertebratskoj zajednici će dominirati razlagači. Sakupljači će takođe biti abudantni, zbog pojačanog procesa razlaganja krupnih organskih djelova na sitnije fragmente. U potocima srednje veličine povećava se input svjetlosti, a samim tim se povećava i produkcija bentoskih algi. Kao odgovor na to, razlagači će biti zamijenjeni strugačima, dok sakupljači ostaju abudantni. U velikim rijekama, produkcija bentoskih algi i direktan input iz priobalja se smanjuje i sakupljači dominiraju u makroinvertebratskim zajednicama. U svim tipovima

otoka predatori čine mali, ali veoma stabilni dio faune makroinvertebrata. Dakle, onzumenti u jednom potoku odgovaraju na obilje i sastav dostupnih hranidbenih resursa Vannote i sar. 1980).



Slika 1. Šema koncepta rječnog kontinuuma (preuzeta iz Vannote i sar. 1980).

Makroinvertebrate su glavni potrošači u potocima i samim tim uključene su u procese kruženja materije i energije, koji se dešavaju u vodenim ekosistemima. Potočni ekosistemi stoje pod snažnim uticajem organskih materija iz susjednih, terestričnih ekosistema koji služe kao osnovni izvor energije za mnoge potrošače potoka. U zavisnosti od godišnjeg doba, tipa

lišća kao i razlaganje makrofita čine glavne izvore hrane za razlagače). Na primjer, u šumskim potocima, gdje drveni ostaci prekrivaju oko 25% korita, samo specijalizovane makroinvertebrate mogu koristiti ovaj materijal kao hranu (Trichoptera i Elmidae), dok ostale makroinvertebrate ih koriste kao stanište ili za izgradnju kućica, kao neke larve Trichoptera.

Primarne proizvođače u lotičkim staništima čine alge, mahovine i makrofite. Međutim, neke mahovine i makrofite mogu obezbjeđivati stanište za mnoge makroinvertebrate (Diptera, Trichoptera). Mahovine takode mogu biti značajne u zadržavanju čestica hrane i samim tim biti korištene kao hrana. Makrofite se kao žive manje koriste kao hrana od strane makroinvertebrata, dok se nakon smrti ugrađuju u detritusne lance ishrane (Minshall 1978). Bentosne alge rastu gotovo na svim supstratima izloženim svjetlošću u potoku, uključujući i površine bentoskih makroinvertebrata.

Lanci ishrane u bilo kom potoku odražavaju kombinaciju faktora, koji utiču na mijenjanje resursa, kao i abundance i distribucije invertebrata. Kao posledica toga, između različitih potoka postoje velika variranja u strukturi lanaca ishrane. Bentoske makroinvertebrate obezbjeđuju važnu kariku u protoku energije od bakterijskih do kičmenjačkih populacija u potočnim ekosistemima. Lanci ishrane se koriste za razumijevanje značaja ove veze i time integrišu procese prerade organske materije sa interakcijama zajednica. Cilj proučavanja lanaca ishrane za određeni potok je određivanje izvora organske materije za različite potrošače i objašnjavanje njihove trofičke strukture. U većini potoka postoje tri ili četiri trofička nivoa, koja uključuju: 1) primarne proizvođače i detritus; 2) primarne potrošače (sakupljače, razlagače, strugače); 3) sekundarne potrošače (invertebratske predatore); i 4) tercijarne potrošače (vertebratske predatore). Ova klasifikacija je pojednostavljena zbog toga što su omnivori česti u potocima, tako da mnogi potrošači zauzimaju više od jednog trofičkog nivoa (Lamberti 1996).

1.3. Sezonska dinamika zajednica makroinvertebrata

Dva osnovna cilja u ekologiji zajednica potoka su da se prepoznaju osnovni šabloni (modeli) u sastavu vrsta i razumiju procesi koji utiču na te obrasce. Bentoska zajednica je skup populacija vrsta koje se javljaju i interaguju zajedno u prostoru i vremenu na dnu potoka i rijeka. Sastav i struktura zajednica opisana je brojem koegzistirajućih vrsta i njihovom relativnom abundancijom. Zajednice bentoskih makroinvertebrata potoka i rijeka, mijenjaju se prostorno i vremenski (Hynes 1970), uglavnom u odnosu na faktore sredine. Tri teorijska okvira predviđaju vezu između faktora životne sredine i strukture zajednica (Taunsend i

Hildrev 1994). Koncept staništa smatra da "... staništa pružaju okvir na kome evolucija stvara karakteristične osobine vrste..." i utiče na sastav zajednice (Southwood 1977, 1988, Taunsend i Hildrev 1994). Koncept riječnog kontinuuma (RCC) opisuje promjene strukture i funkcija zajednica duž riječnog sistema, kao odgovor na promjene abiotičkih faktora sredine i uzvodnih procesa (Vannote i sar. 1980, Minshall i sar. 1985). Dijelom, dinamički koncept ispituje značaj vremenskog fenomena, životnih istorija i vjerovatnoće u organizovanju zajednica (Townsend 1989).

Poznato je da je struktura zajednica vodenih ekosistema povezana sa faktorima životne sredine (npr. Corkum 1990, Richards i sar. 1993, Tate i Heiny 1995). Međutim, najuticajniji abiotički faktori variraju od sistema do sistema na prostornoj i vremenskoj skali (Corkum 1990, Cobb i sar. 1992, Tate i Heiny 1995). Abiotički faktori, koji su povezani sa strukturom zajednica uključuju pražnjenje, supstrat, rastvorene materije, zamućenost, priobalnu vegetaciju, temperaturu, nadmorsku visinu i geografsku širinu (Hynes 1970). Postoji nekoliko studija koje su povezale sezonske promjene u strukturi zajednica vodenih makroinvertebrata sa sezonskim promjenama faktora životne sredine (Giller i Tvomei 1993, Hynes 1970, Boulton i Lake 1992).

Promjene strukture i sastava zajednica makroinvertebrata između sezona, tokom godine, je proučavano od strane većeg broja autora (npr. Boulton i Lake, 1992b, Boulton i Lake 1992a, Graca i sar. 1989). Boulton i Lake (1992b) ukazuju na promjenu vrsta u odnosu na promjenu strukture staništa. Zimske ekskluzivne vrste, kao što su neke Plecoptere (Nemouridae, Leuctridae, Chloroperlidae) ili Trichoptere (Philopotamidae) su povezane sa uslovima brzaka u zimskom periodu i nazivaju se "*glavne vrste toka*". One nestaju sa smanjenjem nivoa toka, tokom proljeća i ljeta. Ovi taksoni se zamjenjuju "*lentičkim vrstama*", uglavnom OCH vrstama (Odonata, Coleoptera i Heteroptera) sposobnim da opstanu u bazenima ili dominantnim lentičkim staništima. Preklapanje makroinvertebrata između zimske i ljetnje sezone takođe je prisutno, sa nekoliko porodica prisutnih u obje sezone i u većini lokaliteta, kao što su Chironomidae, Oligochaeta, Caenidae, Baetidae, nazvane "*osnovne vrste*" po Boulton i Lake (1992b). Osnovne vrste pokazuju jasnu distribuciju u prostoru i vremenu, šta bi moglo biti povezano sa njihovim širokim ekološkim nišama (Vandermeer 1972). Sa druge strane, glavne vrste toka i tolerantne lentičke vrste su ograničene na određena staništa, kao posledica toga što pokazuju užu distribuciju.

Poremećaji se definišu kao izolovani događaji koji remete populacije, zajednice ili strukturu ekosistema, obično mijenjajući izvore abundantnosti ili fizičku sredinu (Resh i sar. 1988). Različiti tipovi poremećaja na zajednice makroinvertebrata potoka su proučavani sa različitih aspekata uključujući ulazak polutanata u potoke, antropogene modifikacije kanala, visoko pražnjenje, suše, prekomjernu eksploataciju autohtonih vrsta i unošenje egzotičnih vrsta. Hipoteza poremećaja, modifikovana za potoke (Ward i Stanford 1983), predviđa da će diverzitet makroinvertebrata biti veći u zajednicama izloženim umjerenom nivou poremećaja. Na niskom nivou poremećaja kompetitivna interakcija rezultiraće nižim diverzitetom, zbog isključenja vrsta (Mcauliffe 1984). U takvim zajednicama obično dominiraju krupne, dugo-živeće Trichoptere i Gastropode (Lamberti i Resh 1983). Sa druge strane, visoki nivo poremećaja takođe će rezultirati niskim diverzitetom, zbog isključivanja slabih kolonista ili dugo živećih vrsta. Ovim zajednicama dominiraju mali, kratko-živeći taksoni, kao što su Chironomidae (Diptera) i Baetidae (Ephemeroptera) (Fisher i Gray 1983).

Variranja toka (poplave i suše) su glavni uzrok prirodnih poremećaja u potocima i odgovoran je za značajno, obično privremeno, smanjenje makroinvertebratske abundantnosti i diverziteta (Lamberti i sar. 1991). Hiporeična (intersticijalna) zona i donja površina kamena obezbjeđuje sklonište tokom poplava. Tokom suše, duboka hiporeična zona je posebno važna, ali je obično dostupna samo za manje invertebrate (obično oko 1-5 mm veličine). Obim prostora koji zauzima hiporeična zona varira sa lokalnom geomorfologijom. Na kraju, re-kolonizacija adultima, koji polažu jaja ili jedinkama donešenih driftom iz uzvodnih dijelova omogućava ponovno naseljavanje taksona, koji su postali lokalno izumrli uslijed suše, poplave ili nekog drugog "remetilačkog" događaja (Fisher i sar. 1982).

Prirodni poremećaji stvaraju stanišnu heterogenost, koja je pozitivno povezana sa biotičkim diverzitetom (Vinson i Hawkins 1998). Tip i učestalost, kako prirodnih tako i antropogenih poremećaja, varira regionalno kao posledica klimatskih, geomorfoloških uslova i iskorišćenosti zemljišta. Makroinvertebrate potoka su razvile različite adaptivne mehanizme, kao odgovore na variranje toka, uključujući podešavanje životnih strategija ka smanjenju prisustva osjetljivih stupnjeva, kretanje u zaštićenim hiporeičnim i bočnim staništima tokom poplava i visoku stopu reprodukcije. Uprkos ovim adaptacijama, ozbiljni poremećaji, kao što su poplave mogu iscrpiti faunu makroinvertebrata. Makroinvertebrate rekoloniziraju potok na više načina: jajima položenih od strane adulta, driftom iz uzvodnih i nizvodnih djelova, hiporeičnih ili bočnih staništa (Smock 1996). Ovi epizodni događaji

suprotni su hroničnim antropogenim poremećajima, kao što su input polutanata ili povećanje temperature, zbog uklanjanja priobalne vegetacije (Cairns 1990).

Fizički poremećaji su sveprisutna karakteristika lotičkih sistema i mogu imati dominantan uticaj na strukturu zajednice (Resh i sar. 1988, Lake 2003, Matthews i Marsh-Matthews 2003). Istrajnost mobilnih životinja u poremećenim uslovima je olakšana djelovima staništa koji doživljavaju manje poremećaje (Sedell i sar. 1990, Lake 2000, Magoulick i Kobza 2003). Ovi refugijumi daju otpornost populacijama i zajednicama omogućujući imigrantima iz poremećenih djelova da nađu sklonište, a kasnije djeluju kao izvori kolonista kada uslovi postanu "benigni" (Lancaster i Belyea 1997, Magoulick i Kobza 2003).

2.1.5. Prostorna i vremenska heterogenost i makroinvertebrate

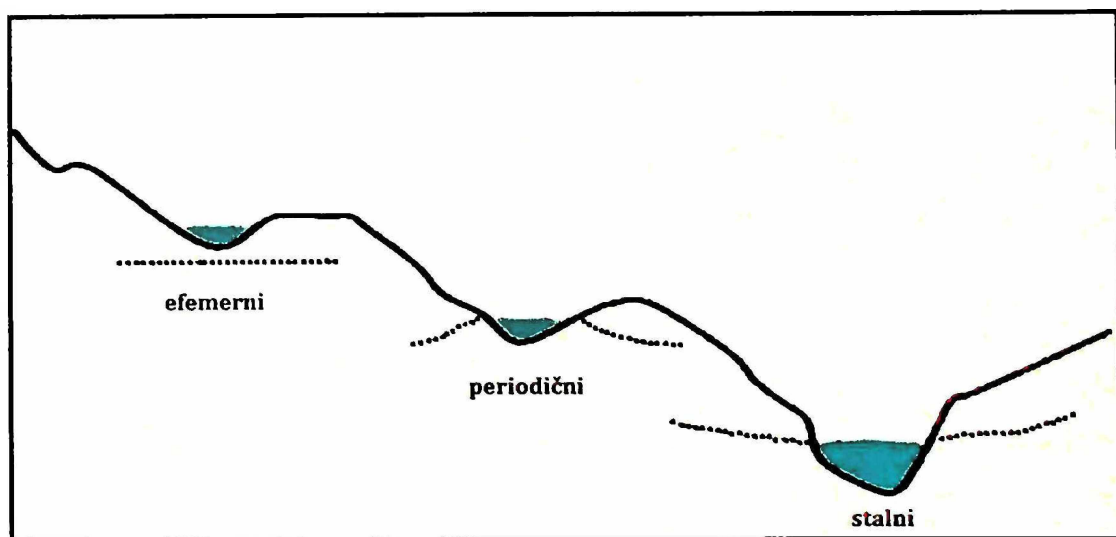
Prirodni ekosistemi su veoma heterogeni u prostoru i vremenu (Kolasa i Rolo 1991, Stewart i sar. 2000). Koncept heterogenosti podrazumijeva odnos između prostornih i vremenskih variranja u ograničenoj životnoj sredini i odgovora organizama na njih (Miln 1991). Međutim, ekolozi su najčešće generalno razmatrali vremensku i prostornu heterogenost odvojeno (Shachak i Brand 1991) i u tom smislu, Resh i Rosenberg (1989) su izrazili potrebu da se analiziraju oba tipa heterogenosti zajedno u vodenim procesima, kao što se one i dešavaju u prirodi u isto vrijeme.

Nekoliko faktora su odgovorni za obezbijedivanje prostorne i vremenske heterogenosti u prirodi. Abiotički faktori sami ili izazvani organizmima (Picket i sar. 2000.), su označeni kao glavni razlozi. Ljudski i prirodni poremećaji su takođe važan izvor heterogenosti u ekosistemima, zato što mijenjaju strukturu sredine i distribuciju organizama (Whiter i Harrod 1997), mada ponekad, ljudski poremećaji izazivaju homogenost životne sredine (Wiens 2000). Različiti agensi izazivaju poremećaje u ekosistemu (Wiens 2000), određujući strukturu vodenih zajednica (Resh i sar. 1988, Fisher i Grimm 1991, Poff 1992, Townsend i sar. 1997, Lake 2000). U mediteranskim oblastima, klima se smatra predvidljivim prirodnim poremećajem, mijenjajući režim, tokom i između godina (McElravy i sar. 1989, Gasith i Resh 1999).

Poplave i suše su česte u mediteranskim ekosistemima u različitim godišnjim dobima (Molina i sar. 1994), ispoljavajući visoku vremensku heterogenost. I jedne i druge se smatraju važnim prirodnim poremećajima i izazivaju odgovarajuće prostorne heterogenosti, uništavajući i stvarajući staništa (Lake 2000). Iako nisu svi događaji koji izazivaju

heterogenost predvidljivi (Pickett i sar. 2000), sezonske ili godišnje heterogenosti u pražnjenju mediteranskih rijeka izgleda da jesu (Gasith i Resh 1999), te su zbog toga i evolucioni pritisci doveli do nastanka biljnih i životinjskih zajednica, koje su veoma dobro prilagođene na njih (di Castri 1981, Stamou 1998).

Periodični potoci su veoma česti tipovi vodenih staništa i prisutni su skoro svuda u svijetu (Williams 1987, Williams 1996). Postoji više načina klasifikacije potoka, a jedan se zasniva na stepenu temporalnosti toka i povezanosti potoka i podzemnih voda (Slika 2). U zavisnosti od stepena temporalnosti, rijeke i potoci mogu da budu klasifikovani kao: *stalni*, *periodični* i *efemerni*. Kod stalnih ili perenijalnih potoka, voda teče kanalom tokom cijele godine i korito potoka je u direktnom kontaktu sa vodenim stubom tokom cijele godine. Primarni izvor vode za perenijalne potoke su podzemne vode, ali takođe i atmosferski oticaji. Periodični (*intermittent*) potoci imaju tok samo tokom dijela godine, obično tokom zime i proljeća kad je korito potoka ispod vodenog stuba. U efemernim potocima voda teče kanalom samo tokom i kratko poslije padavina, a korito potoka je iznad vodenog stuba (Zaimes i Emanuel 2006).



Slika 2. Šematski prikaz različitih tipova potoka u odnosu na protok vode (iz: Zaimes i Emanuel 2006, modifikovano).

U mediteranskim rijekama i potocima ovaj fenomen je veoma važan i snažno je povezan sa klimatskim karakteristikama (McElravy i sar. 1989, Gasith i Resh 1999). Godišnje promjene klimatskih uslova mogu implicirati stalne uslove od jeseni do proljeća i periodične ili efemerne tokom ljeta u istoj rijeci (Gasith i Resh 1999). Odnosi između staništa i stalnosti toka su slabo proučavani, iako je nekoliko studija uočilo da kako rijeka presušuje

uticajem na lotičke (brzake), nego lentičke (bazene) djelove (Boulton i Lake 1990, Stanley i dr. 1997). Ova redukcija staništa tokom suve sezone može da bude više ili manje važna u zavisnosti od karakteristika rijeke (Lake 2000), ali u svakom slučaju može da utiče na mijenjanje sastava i strukture zajednice makroinvertebrata. Sa druge strane, stalnost u periodičnim sistemima je povezana, ne samo sa zajednicama makroinvertebrata, već i strukturom toka (proticajem) (Feminella 1996). Odgovorom makroinvertebratske zajednice na stalnost toka bavio se veći broj autora, izveštavajući o malim razlikama u faunističkom sastavu između stalnih i periodičnih lokaliteta i sa velikim preklapanjima u sastavu zajednica (Boulton i Suter 1986, Delucchi 1988, Delucchi i Peckarski 1989, Boulton i Lake 1992a, Feminella 1996, Williams 1996, del Rosario i Resh 2000). Različiti nivoi odgovora su analizirani, ali većina njih su bili fokusirani na taksonomsko bogatstvo i sastav zajednice. Williams (1991, 1996) je naglašavao potrebu da se izvrše posmatranja različitih osobina vrsta u periodičnim potocima, kako bi se saznale adaptacije makroinvertebrata na ove fluktuacije i na ograničenja sredine u ovom tipu staništa.

Odgovori organizama na efekte prostorne i vremenske heterogenosti kreiraju obrasce (Menge i Olson 1990, Alen i Hoekstra 1991, Poff 1992, Holt 1993), kako različite evolucione sile djeluju na svakoj skali (Levin 1992). U ekologiji potoka, prostorna heterogenost se odnosi na lentičke i lotičke djelove, makrohabitate ili mikrohabitate; dok vremenska heterogenost može biti dnevna, sezonska, godišnja i višegodišnja (Resh i Rozenberg 1989). Studije staništa su brojne u oblasti ekologije (McCoy i Bell 1991), tako i u ekologiji potoka odnos organizama i njihovih statičkih (sastav) ili dinamičkih (protok) karakteristika je izučavan u mnogim studijama (npr. Poff i Ward 1989, Palmer i sar 1995, 1996, Biggs i sar. 1998).

Teorija modela staništa (*"The habitat template theory"*) (Southwood 1977, 1988) zasniva se na razumijevanju odgovora i adaptacija makroinvertebrata na efekte heterogenosti staništa. Ovaj pristup se zasniva na ideji da je stanište okvir gdje se evolucija dešava, određivanjem karakterističnih strategija životnih istorija organizmima i predviđajući sastav i strukturu zajednice na različitim skalama percepcije (Townsend i Hildrew 1994). U suprotnim hipotezama, istorijske i filogenetske karakteristike će ograničiti specifične osobine, nezavisno od staništa (Gould i Lewontin 1979). Odnosi između staništa i sa njima uparenim osobinama vrsta su proučavani u vodenim ekosistemima, sa posebnim naglaskom u posljednje dvije decenije (Resh i sar. 1994, Townsend i Hildrew 1994, Persat i sar. 1994, Poff i Allan 1995, Statzner i sar. 1997, Tawnsend i dr. 1997, Poff 1997, Statzner i sar. 2001), a novije studije pokazuju da čak i u udaljenim regionima, osobine vrsta konvergiraju u istom staništu

(Lamoroux i sar. 2002). Primjena modela stanišne teorije na vodene ekosisteme je promovisana od strane Townsend i Hildrew (1994), gdje su različite osobine predstavljene u dvo-dimenzionalnom prostoru (prostorna i vremenska heterogenost). Tradicionalno ove dvije dimenzije su povezane sa poremećajima (Hildrew i Townsend 1987, Poff i Ward 1990) i stabilna sredina izgleda da favorizuju specijalističke vrste, dok u nestabilnim uslovima opšte strategije su zajedničke (Southwood i sar. 1974, Southwood 1988, Poff i Allan 1995). Nivo povoljnosti staništa za organizme je promjenljiv u prostoru i vremenu, pokazujući različite obrasce (modele) heterogenosti (Southwood 1977). Zbog toga, kvantifikacija staništa, uključujući prostorni i vremenski aspekt je od ključnog značaja za razumijevanje odnosa organizama sa sredinom i efekta heterogenosti.

Prostorna i vremenska heterogenost, u našim mediteranskim sistemima, međusobno interaguju i vremenska heterogenost (odnosno da li će vodeno tijelo tokom ljeta biti stalno, periodično ili efemerno), stoji pod uticajem prostorne heterogenosti (tj. sastava staništa u smislu podloge i protoka).

Postoji jasna granica između stalnih, periodičnih i efemernih djelova, unutar jednog potoka, ali i različiti koncepti što su periodični djelovi u različitim radovima. Neki autori, kao npr. Wrigth i dr. (1984) ili Del Rosario i Resh (2000), nalaze niže bogatstvo taksona u periodičnim nego u stalnim djelovima, dok po Legier i Talin (1973), Boulton i Suter (1986) i Miller i Golladay (1996), postoji slično bogatstvo taksona. Prema Dieterich i Anderson (2000) za oko 20% je veće bogatstvo taksona u izolovanim bazenima (periodični djelovi), nego u stalnim dijelovima dva periodična potoka Oregona, dok je niži diverzitet nađen u efemernim djelovima potoka. Kolonizacija novih staništa podrazumijeva brz razvoj i povećanje abudantnosti nekih veoma otpornih vrsta (Dell i sar. 1986, Townsend i Hildrew 1994), a samim tim mali diverzitet vrsta treba očekivati u efemernim djelovima. Nasuprot tome, u stalnim i periodičnim potocima, gdje se voda zadržava tokom dužeg vremenskog perioda, ustanovljeno je povećanje diverziteta. Na taj način, dužina trajanja suve sezone je priznata kao jedan važan faktor koji određuje diverzitet u ovim potocima, postulirajući da što je duži sušni period, niži je diverzitet (Williams i Hynes 1976, Abell 1984, Williams 1996). Malo taksonomsko bogatstvo u efemernim mjestima sugerije na dužinu trajanja efemernih uslova u predhodnoj godini, a velika razlika u bogatstvu taksona u odnosu na stalna mjesta, sugerije na spor oporavak od poslednjeg sušnog perioda (Boulton i Lake 1992b, Pires i sar. 2000).

Štaviše, kako su poremećaji (npr. suše) jedan od činilaca generisanja prostorne i vremenske heterogenosti (Whiter i Harrod 1997), struktura zajednice i evolucione strategije

vrsta se nalaze pod uticajem ovih faktora. Periodični i efemerni djelovi potoka su izloženi različitim vrstama poremećaja, koji podrazumijevaju različite reakcije bioloških osobina: promjena staništa u izolovane bazene tokom ljeta u periodičnim mjestima i nedostatak (pro)toka u efemernim djelovima u suvoj sezoni. U tom smislu, Wiens (2000) ukazuju na to da evoluciju bihevijoralnih osobina, često treba tumačiti u kontekstu prostorne heterogenosti, mada kombinovani efekti vremenskih i prostornih varijabilnosti upravljaju nekim adaptivnim osobinama. Nivo vode, respiracija, kretanje, hrana i način ishrane, mogu biti u vezi sa prostornom heterogenošću, kao što se njihova svojstva mogu mijenjati između periodičnih i efemernih mjesta (npr. zbog prisustvo bazena i kamena u periodičnim, i brzala i šljunka/pijeska u efemernim mjestima). Sa druge strane, maksimalna veličina, trajanje životnog ciklusa, potencijalni broj reprodukcija godišnje, disperzija i rezistentni oblici će više biti vezani za prisustvo vremenske heterogenosti i različito uticati na periodičnim i efemernim mjestima.

Poremećaji u ekosistemu potoka su definisani u smislu intenziteta i frekvencije (Resh i sar. 1988), a odgovor sistema takođe zavisi od stepena stabilnosti (Wishart 1998). Taunsend i Hildrev (1994) su predvidjeli da djelovi sa najvećim poremećajima imaju specifične vrste, koje se odlikuju malim dimenzijama, velikom pokretljivošću i jednim dijelom životnog ciklusa van vode. U periodičnim mjestima prisustvo izolovanih bazena je usko povezano sa prisutnim biološkim osobinama vrsta. Zajednice makroinvertebrata periodičnih bazena su sastavljene od taksona koji su svojim životnim istorijama prilagođeni tim uslovima, kao i od slučajnih taksona, koji koloniziraju i vrlo brzo nestaju (Schneider i Frost 1996). Predatori (uglavnom Odonata i Heteroptera), sa dugim životnim ciklusima (Schneider i Frost 1996, Williams 1996) i nekoliko generacija godišnje, su važni taksoni u bazenima, iako njihova abudantnost zavisi od dužine trajanja staništa (Bradshaw i Holzapfel 1983, Dodson 1987). Shodno tome, biotičke interakcije moraju biti jače izražene u periodičnim djelovima zbog redukcije staništa u poređenju sa efemernim i stalnim (Gasith i Resh 1999, Lake 2000). Promjena strukture staništa u periodičnim djelovima u izolovane bazene takođe pojačava nedostatak kiseonika, zbog osiromašenog kvaliteta vode u bazenima i nedostatka protoka (Williams 1996). U izolovanim bazenima se povećava abudantnost OCH (Odonata, Coleoptera, Heteroptera) organizama u odnosu na EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).

Periodične promjene u mediteranskim potocima su u vezi sa klimatskim faktorima (Gasith & Resh 1999), ali i drugi faktori mogu da utiču na povećanje ili smanjenje njihovog značaja. Mediteranski potoci su poznati po fluktuacijama toka, tokom i između godina, što

može da prouzrokuje, uglavnom ljeti, veoma ozbiljne promjene u uslovima sredine, kao i strukturi i sastavu zajednica makroinvertebrata (Gasith i Resh 1999). Periodični potoci su veoma poremećeni ekosistemi. Presušivanje potoka je stresno za vodene organizme i može izazvati smrtnost. U potocima, koji samo djelimično presušuju, jedinke mogu da prežive u nepovezanim bazenima potoka iz kojih mogu ponovno da naseljavaju okolna staništa nakon ponovnog vraćanja toka (Meador i Matthews 1992, Labbe i Fausch 2000).

Poremećaji ekosistema, bilo da su antropogeni ili prirodni fenomeni kao što su suše, mogu izazvati promjene u zajednicama vodenih makroinvertebrata, bilo mijenjanjem staništa ili fizicko-hemijskih uslova kojima su prilagođene. Dakle, poremećaji mogu da imaju veliki uticaj na strukturu zajednica vodenih organizama. Međutim, mnoge studije su pokazale da čak i nakon jednog događaja poremećaja, kao što su suše i sušenje vodenih staništa, bogatstvo taksona vodenih makroinvertebrata se može brzo oporaviti (Boulton 2003, Wallace 1990). Brz oporavak je najvjerojatnije rezultat evolucione istorije suše u vodenoj sredini (Boulton 2003). U radu "*Paralele i kontrasti u dejstvu suša na zajednice makroinvertebrata potoka*" ("Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages"), Boulton je definisao efekte suša kao poremećaje isprekidanog toka i pokazao da ako se brzaci kao staništa isuše i potok pretvori u izolovane bazene, asocijacije vrsta se mijenjaju favorizujući vrste koje su više prilagođene na niži nivo kiseonika, višim temperaturama i predatorstvu na drugim beskičmenjacima. Pri ponovnom uspostavljanju toka dolazi do brzog oporavka asocijacija vrsta. Stopa oporavka će biti brža kod vrsta koje su razvile strategije za preživljavanje isušivanja.

Dvije glavne strategije su identifikovane: 1. vrste su prilagođene za pronalaženje utočišta i 2. vrste su razvile strategije životnih istorija za preživljavanje sušnih uslova (Boulton 2003). Strategije za pronalaženje utočišta podrazumijevaju da su vrste mobilne ili sposobne da se zarivaju u vlažni substrat, dok neke strategije životnih istorija za preživljavanje sušnih uslova uključuju da vrste imaju krilate adultne stupnjeve, rezistentna jaja otporna na isušivanje ili imaju tendencije za kretanja nizvodno (drift), sa pojavom toka (Boulton 2003, Wallace 1990). Dakle, nepokretni beskičmenjaci bez odgovarajuće strategije životne istorije da prežive isušivanje, biće pod jačim uticajem i duže će im trebati da se oporave od poremećaja presušivanja potoka. Nekoliko studija su bile u stanju da to i dokažu. Na primjer, mekušci koji nemaju stadijum krilatog adulta i prilično su imobilni u poređenju sa drugim beskičmenjacima, su bili među poslednjima taksonima koji su se oporavili nakon poremećaja (Wallace 1990).

Boulton (2003) potvrđuje postojanje veze između istorije suše i evolutivnih adaptacija vodenih makroinvertebrata. Međutim, još uvijek postoje praznine u informacijama i pitanja na koja treba odgovoriti, jer su studije oportunističke, a suše su fenomenološki događaji. Razumijevanje životnih istorija, životnih ciklusa, ponašanja i genetske strukture vodenih makroinvertebrata je takođe veoma važno, međutim mnoge informacije su još uvijek nedovoljno poznate (Wallace 1990). Takođe, nekoliko pitanja i dalje treba da se razjasne, kao što su na primjer: Da li često isušivanje vrši izbor životnih istorija i određenih asocijacija zajednica? Da li se isti odgovori javljaju u većini geografskih regiona (Wallace 1990)? Kada više informacija postane dostupno o evolutivnoj adaptaciji vodenih makroinvertebrata, nauka može imati bolje razumijevanje evolutivnih procesa i onoga šta se može dogoditi sa vodenim organizmima u budućnosti, ako se dese globalne klimatske promjene.

Navedene studije podržavaju ideju da prirodni poremećaji određuju strukturu vodenih ekosistema (Fisher i Grimm 1991, Stanley i Fisher 1992). S obzirom da prirodni poremećaji, kao umjereno stresni uslovi, vode ka povećavanju nivoa biodiverziteta, povećava se važnost očuvanja malih periodičnih potoka kao utočišta biodiverziteta za makroinvertebrate mediteranskih basena (Vidal-Abarca i sar. 1996).

2.1.6. Primjena akvatičnih makroinvertebrata u ocjeni kvaliteta površinskih voda

Neophodna aktivnost u okviru održivog korišćenja vodnih resursa je monitoring kvaliteta akvatičnih ekosistema. Opšte je poznato da mjerenje fizičkih i hemijskih parametara vode, daje sliku o trenutnom zagađenju, ali ono mora biti kombinovano sa biomonitoringom, jer živi svijet akvatičnih ekosistema odslikava kumulativno i istovremeno dejstvo svih ekoloških faktora, čije promjene nekada nisu dovoljne jačine i učestalosti da bi mogle biti registrovane metodama analitičke hemije.

Zajednica bentoskih makroinvertebrata je najčešće korišćena u biomonitoring programima, iako su istorijski gledano, prve biološke procjene kvaliteta voda bile zasnovane na planktonskoj zajednici kao indikatoru (uglavnom u okviru saprobnih sistema). Takva praksa održala se najduže u zemljama centralne Evrope. Osim bentosnih makroinvertebrata i planktonskih zajednica, organizmi koji se danas, manje ili više uspješno, koriste u okviru bioloških monitoringa su: makrofite, fitobentos, perifitonske zajednice i ihtiofauna.

Osnovna odlika svakog uravnoteženeog ekosistema je biodiverzitet, koji predstavlja evolutivni odgovor na dinamičnu strukturu životne sredine. Narušavanjem biodiverziteta, uništavanjem vrsta, ozbiljno se ugrožava ravnoteža ekosistema (Pešić i sar. 2010). Prema

osnovnom biocenotičkom pristupu, pogoršavanjem životnih uslova, smanjuje se diverzitet biocenoza tj. formiraju se uniformne životne zajednice, koje se odlikuju malim brojem populacija (vrsta) sa velikom gustinom. Stoga je praćenje promjena strukture bentosnih zajednica makroinvertebrata pogodno za sagledavanje stanja akvatičnih ekosistema.

Svojom fizičkom strukturom, biohemijskim sastavom, ponašanjem i životnim ciklusima, svi organizmi su prilagođeni različitom opsegu uslova životne sredine i različito reaguju na zagađivače, promjene staništa ili druge ekološke poremećaje. Kroz proučavanje prisustva (ili odsustva) i abundantnosti organizama u odnosu na faktore sredine, u stanju smo da utvrdimo da li je određena vrsta organizma tolerantna na zagađenje ili netolerantna ("osjetljiva"). Vrstama se dodjeljuju određene vrijednosti tolerancije (od 0-manje tolerantna do 10-više tolerantna), na osnovu uslova u kojima se obično nalazi data vrsta (Resh i Jackons 1993). U biološkim studijama procijena kvaliteta voda, prisustvo velikog broja netolerantnih ili osjetljivih organizama pokazuje da li su ispitivana vodena tijela bez zagađenja i stresa. Sa druge strane, relativni nedostatak osjetljivih organizama i obilje tolerantnih organizama ukazuju na mnogo teže uslove sredine, uključujući možda i neku vrstu prošle ili sadašnje kontaminacije (Resh i Jackons 1993).

Biološka procjena pomoću makroinvertebrata razmatra koje vrste organizama su prisutne, relativnu brojnost prisutnih organizama i koje vrste nedostaju. Obično se pretpostavlja da će "zdrav" potok biti veoma raznovrstan, tj. imati mnogo različitih vrsta organizama i tolerantnih i netolerantnih vrsta, i sa velikom ujednačenošću u pogledu abundantnosti između prisutnih vrsta. Nasuprot tome, u zagađenim ili na drugi način tretiranim potocima, očekuje se da diverzitet bude znatno smanjen, obično predstavljen sa nekoliko vrsta (tolerantnih), koje su veoma brojne (Lenat i Barbour 1993).

Makroinvertebrate, a posebno vodeni insekti, poznate su po svojoj sposobnosti bioindikatora, tj. na osnovu njih možemo ocijeniti kvalitet vode u određenoj sredini.

Prednosti korišćenja makroinvertebrata kao bioindikatora su:

- Makroinvertebrate su ubikvitarni organizmi;
- Makroinvertebrate su grupa organizama koja obuhvata sa stanovišta morfo-anatomskih i adaptivnih osobina veoma različite organizme, koji pripadaju različitim taksonomskim grupama invertebrata;
- Po načinu života, makroinvertebrate su pretežno sedentarni organizmi, pogodni za prostornu analizu uticaja polutanata;
- Imaju duge životne cikluse u poređenju sa drugim organizmima, koji se koriste kao bioindikator (fito i zooplankton), što otvara mogućnost za detektovanje promjena u vodenom

ekosistemu uzrokovanih uticajem negativnog faktora niskog inteziteta i dugoročnog dejstva; Uzimanje uzoraka makroinvertebrata ne zahtijeva upotrebu skupe opreme u većini slučajeva;

- Pomoću ovih organizama, mogu se ispitivati različiti uticaji različitih vrsta pritiska na akvatične ekosisteme.

Nedostaci korišćenja makroinvertebrata kao bioindikatora su:

- Makroinvertebrate se ne mogu koristiti kao indikatori svakog, odnosno bilo kog pritiska, postoje određena ograničenja (npr. makroinvertebrate nisu pogodne za detektovanje prisustva nekih specifičnih polutanata poput H_2S ili NH_3 , zbog niskog praga osjetljivosti);
- Dobijanje realnih podataka o gustini ili biomasi po jedinici površine, je otežano zbog nehomogenog rasporeda ovih organizama; radi dobijanja što tačnijih rezultata mora se obraditi veliki broj uzoraka, što nije ekonomski isplativo.
- Biologija pojedinih vrsta ima za posledicu fluktuaciju brojnosti organizama u određenim sezonama (npr. larve insekata su malobrojne u ljetnjem i jesenjem periodu, jer se većina vrsta razvija u adultne forme koje vode suvozan način života), što može biti pogrešno protumačeno;
- Prilikom identifikacije neke grupe se ne mogu identifikovati do nivoa vrste kada se nalaze na juvenilnom stupnju razvoja;
- Vrste koje naseljavaju dno brzih potoka i rijeka, zbog slučajnog drifta mogu se naći na lokalitetima koji nisu originalno njihovo stanište.

2.2. Akvatične koleoptere

Vodene koleoptere čine važan dio makrozoobentosa slatkovodnih ekosistema. Ovi insekti se javljaju u širokom spektru staništa, živeći gotovo u svim vrstama slatkih i brakičnih vodenih staništa, od najmanjih bara do velikih jezera, močvara i laguna i od potoka do irigacionih kanala i rezervoara (Abellan i sar. 2005). Ovo je taksonomski raznovrsna grupa koja obuhvata vrste sa različitim načinom života, hranidbenim navikama i različitim stanišnim i ekološkim zahtjevima. Zajednička karakteristika vodenih koleoptera je da su manje ili više svojim životnim ciklusom zavisne od vode. Familije: Hygrobiidae, Haliplidae, Dytiscidae, Noteridae, Gyrinidae, Georissidae, Spercheidae, Hydrochidae, Helophoridae, Hydrophilidae, Elmidae, Dryopidae i Hydraenidae pripadaju pravim vodenim koleopterama, koje su cijelim svojim životnim ciklusom vezane za vodu. Drugi dio vodenih koleoptera su semiakvatične i one su samo jednim dijelom svog životnog ciklusa vezane za vodu (npr.

larvenog stupnja, perioda disanja, ishrane). Najveći broj vodenih koleoptera pripada porodici Dytiscidae, čija studija na prostoru Crne Gore, je i bio jedan od ciljeva ove disertacije.

Vodene koleoptere iz porodice Dytiscidae su kosmopolitske u svom rasprostranjenju i dostižu svoju najveću raznovrsnost (diverzitet) u tropskim klimatskim zonama. Porodica Dytiscidae je druga po veličini porodica u okviru reda Adephaga (Spangler 1981) i obuhvata oko 3.892 vrsta i 177 rodova, od čega je 375 vrsta poznato za Evropu (Nilsson, 2001, 2003, 2004, 2005).

Smatra se da su vodene koleoptere napravile prelaz na vodeni način života nekoliko puta tokom filogenetske istorije (Drost i sar. 1992). Kod većine vrsta i adulti i larve su prilagođene na vodeni način života, međutim ima nekih vrsta sa vodenim stupnjevima ograničenim samo na adultni ili larveni stadijum. Postoje velike razlike u veličini tijela (od 1 do 48 mm), ali i u odnosu na druge ekološke karakteristike, kao što su ishrana, kretanje (npr. Ribera i Nilsson 1995) i letenje (Richoux 1994). Ova raznolikost u ekološkim atributima omogućava vodenim koleopterama, kao grupi, da zauzimaju širok opseg vodenih staništa, ali pojedinačne vrste vodenih koleoptera koriste svoje okruženje na različitim prostornim i vremenskim skalama (Fairchild i sar 2003). Na vremenskoj skali, na primjer, dužina životnog ciklusa (semivoltini ili multivoltini) i period razvoja larvi (proljeće, ljeto, jesen i zima), se razlikuje. Na prostornoj skali, na primjer, tip kretanja (plivanje ili puzanje), kao i sposobnost letenja se razlikuje. Dakle, usklađivanje između onoga što vrsta treba i što je životna sredina nudi je specifično za različite vrste (Verberk i Esselink 2003) i kao posledica toga različiti tipovi vodenih staništa podržavaju različite vrste (Verberk i sar. 2001).

Različita staništa mogu da zadovolje zahtjeve različitih vrsta, ali i na različite načine promovisati bogastvo vrsta (sinergistički, Verberk i sar. 2002). Najvažnija promjenljiva koja određuje specifičnost staništa za vodene koleoptere je opšti režim vodenog toka, pored drugih karakteristika kao što su hemijski sastav, pH, kiseonik i hranljive materije u vodi. Vrste imaju tendenciju da budu ograničene, bilo na stajaća ili tekuća vodena tijela, ili u larvalnom ili više disperznoj adultnoj fazi. Protok vode je stoga najvažnija karakteristika staništa, koja određuje sastav zajednica vodenih Coleoptera (Foster i sar. 1992, Foster i Eyre 1992), a to je također jedan od najpoznatijih autoekoloških zahtjeva vrsta. Brojna istraživanja pokazala su da značajnu ulogu u sastavu zajednica vodenih koleoptera igra vegetacija (Painter 1999, Larson i sar. 2000).

Lentička i lotička vodena tijela funkcionišu pod različitom dinamikom ekoloških i geoloških promjena. Može se očekivati da rijeke i potoci opstanu tokom dužeg geološkog perioda, izloženi prostornom i vremenskom kontinuitetu, uprkos promjenama u riječnom

koritu (Bishop 1995). To je u suprotnosti sa malim stajaćim vodenim tijelima, kao što su ona obično zauzeta vodenim koleopterama, koja su obično kratkog vijeka i diskontinuirana u vremenu i prostoru. Jednom kada stajaće vodeno tijelo nestane, ne postoji direktna fizička veza sa bilo kojim drugim sličnim staništem (Bishop 1995).

Predpostavlja se, da se zbog ove različite vremenske dinamike u lentičkim i lotičkim vodenim tijelima, može i dinamika disperzije i postojanosti populacija takođe razlikovati. Ako su tekuće vode postojanije od malih stajaćih vodenih tijela, populacije koji žive u njima će biti manje zavisne od migracija i disperzije u druga slična staništa i zato bi trebalo da teže da budu genetski izolovane. Iako su dokazi oskudni, postoje neki podaci u prilog ove pretpostavke (npr. Ponder i sar. 1994, Hughes i sar. 1995, 1996, Bunn i Hughes 1997). Sposobnost disperzije insekata je obrnuto povezana sa stalnošću staništa (Travis i Dytham 1999), kako se mogućnost leta često gubi kada nema potrebe za disperzijom (Roff 1990, Ahlroth i sar. 1999). Smanjena disperzija može da ima implikacije na distributivni opseg vrsta; one koje se nalaze u tekućim vodama (dugoročno stabilne) će imati manji distribucionni opseg od više disperznih vrsta, koje se sreću u stajaćim vodama (dugoročno nestabilne). Dakle, populacioni parametri, kao što su opšta abundantnost i veličina disperzije zavise od određenog tipa staništa.

Stalnost (prisutnost) toka je glavna promjenjiva koja utiče na faunu vodenih koleoptera, kako u pogledu broja vrsta tako i sastava vrsta. Vrste koje su prilagođene periodičnim sredinama završavaju životni ciklus (adult i larva) tokom perioda toka, kada i bogastvo vrsta raste (tokom jeseni i proljeća). Ovo je veoma često kod Hydradephaga (Ribera i sar. 1994), koje su prilagodile svoj biološki ciklus periodičnoj sredini i imaju kratak larveni i dug adultni život. Faunistička homogenost (istorodnost) između perenijalnih i efemernih djelova može biti odraz njihove geografske blizine, sličnog porijekla (postanka) i vegetacije, koji favorizuju faunističku uniformnost.

Detaljna proučavanja autekologije vodenih koleoptera otkrila su da vrste sa specijalnim ekološkim zahtjevima mogu biti korisni bioindikator određanih vodenih staništa (Collinson i sar. 1995, Moreno i sar. 1997). Ranije se smatralo da su vodene koleoptere prilagođene periodičnim sredinama (Collinson i sar., 1995), ali ovo je istina samo za neke vrste (Barton 1990). Sposobnost leta je jedan od glavnih mehanizama koji nekim vrstama koleoptera omogućava da žive u efemernim staništima (Layton i Voshell 1991). Efemerna vodena staništa su siromašna vrstama, ali podržavaju karakteristične zajednice koleoptera sa vrstama koje su odsutne ili veoma rijetke u perenijalnim vodenim tijelima.

Raznovidnost zajednica vodenih Coleoptera je veća u stajaćim vodama, ali njihova stabilnost je veća u tekućim vodama, naročito u potocima ili rijekama sa nenarušenom prirodnom strukturom. Uopšteno, na sastav vrsta utiče zonalna distribucija duž potoka i rijeka, kao i postojanje određenih mikrostaništa unutar njih.

Ova filogenetski veoma heterogena grupa vodenih insekata takođe je i funkcionalno raznovrsna, sa različitim stepenom zavisnosti od vodenih staništa koji se kreće od vrsta koje su samo marginalno povezane sa vodom, u nekim fazama života (priobalne Coleoptere); do onih koje provedu cijeli životni ciklus pod vodom, bez potrebe da izađu na površinu, koristeći plastron za dobijanje kiseonika (neke Elmidae) (Crowson 1981). Ishrana i druge autekološke karakteristike većine grupa su takođe veoma različite, uključujući i one sa predatorskim larvama i adultima (npr. Dytiscidae), predatorskim larvama i fitofagnim adultima.

Presudan značaj na strukturu i karakter faune vodenih Coleoptera Crne Gore, kao i uostalom čitave Evrope, imala su zbivanja u kvartaru. Naglo zahlađenje, praćeno serijom ledenih doba, pogubno je uticalo na tropsku i subtropsku tercijarnu faunu, koja se do danas sačuvala samo u podzemnim vodama, gdje su uslovi sredine bili dosta stabilniji nego na površini. Glacijacije su potiskivale evropsku faunu prema jugu, gdje je ona nailazila na velike prepreke u vidu prostranih planinskih lanaca, koji su postavljeni u pravcu istog-zapad (Pirineji, Alpi, Kavkaz), koji su i sami bili pod ledom. Mnogi djelovi faune su tako uništeni, a mnogi su razbijeni u disjunktne populacije u refugijumima na samom jugu Evrope ili su sišli u podzemne vode. U ovom periodu je Balkansko poluostrvo, zahvaljujući razuđenoj orografiji, odigralo značajnu ulogu mosta prema Maloj Aziji (koja je bila utočište za mnoge toploljubive vrste), a i samo je imalo nekoliko refugijuma. Većina zoogeografa na Balkanu izdvaja tri refugijalna centra: Dinarski (Ilirski), Istočno-Bugarski (Trakijski) i Južno-Grčki (Helenski).

Sliv Skadarskog jezera je za vodene Coleoptere, bio jedan od najvažnijih područja u Dinarskom refugijumu zbog svog južnog položaja, veličine, male nadmorske visine i velikog slivnog područja, koje je i u vrijeme glacijacije imalo dosta velike količine vode. U interglacijacijama se ova, sada znatno izmijenjena fauna, vraćala u sjeverna područja. Neke od populacija koje su bile razbijene u različite refugijume, su dale nove vrste, te je broj tercijernih vrsta koje su uništene za vrijeme glacijacija nadoknađivan brojem mladih (kvartarnih) vrsta. Ovo je i razlog što Evropa (posebno područje Mediterana) ima vrlo bogatu faunu slatkovodnih Coleoptera.

Fauna vodenih Coleoptera Mediteranske oblasti je pogodan model za proučavanje problema vezanih za evoluciju geografskog opsega; fauna je veoma bogata, pokazuje visok

nivo endemičnosti, ali se odlikuje i prisustvom vrsta koje su široko rasprostranjene u Palearktičkom regionu (Ribera 2000).

2.2.1. Akvatične kolenptere familije Dytiscidae Crne Gore

Poznavanje faune vodenih Coleoptera Crne Gore je fragmentirano, ne samo u poređenju sa evropskom faunom, nego i u odnosu na ostale zoogeografske oblasti. Najveći broj istraživanja kolenptera na porostoru Crne Gore je urađen na prostoru sliva Skadarskog jezera (Pavićević 2006), dok su ostala vodena staništa širom Crne Gore sve do danas jako slabo ili u potpunosti ostala neistražena, kada je u pitanju ova grupa organizama. Prve podatke o vodenim Coleopterama za područje Crne Gore dao je Kustera (1844). Georgiev (1971) u »Katalogu faune Jugoslavije«, daje listu od 116 vrsta vodenih Coleoptera za Crnu Goru. Mikšić (1977) navodi prisustvo četiri vrste vodenih kolenptera za Ulcinjsku oblast. Ana Pavićević (2006) u magistarskom radu »Fauna vodenih kolenptera sliva Skadarskog jezera«, daje faunističku i ekološku analizu vodenih kolenptera sliva Skadarskog jezera.

Takođe, poznavanje faune vodenih kolenptera familije Dytiscidae u Crnoj Gori je i dalje oskudno i postoji samo nekoliko radova koji se bave diverzitetom ove grupe (Guéorguiev 1971, Mikšić 1977, Pešić i Pavićević 2005). Pešić (2008) u ček listi ditiscida Crne Gore, navodi 51 vrstu iz 23 roda.

U toku rada na disertaciji, u periodu 2007-2010 godine realizovano je više, kako taksonomskih tako i ekoloških istraživanja faune vodenih kolenptera familije Dytiscidae Crne Gore, u okviru kojih je zabilježen značajan broj novih taksona za faunu Crne Gore.

3.1. Opis istraživanih lokaliteta

3.1.1. Faunistička istraživanja akvatične koleoptera familije Dytiscidae

Faunistička analiza vodenih koleoptera, familije Dytiscidae, urađena je na materijalu prikupljenom sa 56 različitih tipova vodenih tijela: 18 izvora, 13 potoka, 11 rijeka, 4 jezera, 6 bara, 1 lokva i 1 plavna livada, u periodu od 2007. do 2010. godine. Osnovne karakteristike mjesta uzorkovanja su date u tabeli 1 (vidi Prilozi).

3.1.2. Sezonska dinamika makroinvertebrata

Sezonska dinamika makroinvertebrata sa posebnim osvrtom na akvatične koleoptere istraživana je na sledećim lokalitetima: potok Rimanić, reokreni izvor Pištet i Mareza (kanal). Istraživani lokaliteti se nalaze na prostoru Bjelopavličke ravnice, između Podgorice i Danilovgrada. Grafički prikaz odnosa meteoroloških parametara (temperature vazduha i količine padavina) za 2009/2010. godinu, za područja Podgorice i Danilovgrada, dati su u Apendixu (Slike 3-6 u Prilozima).

Potok Rimanić

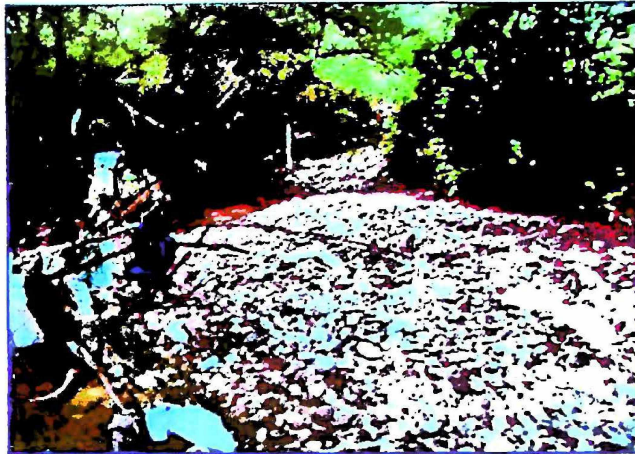
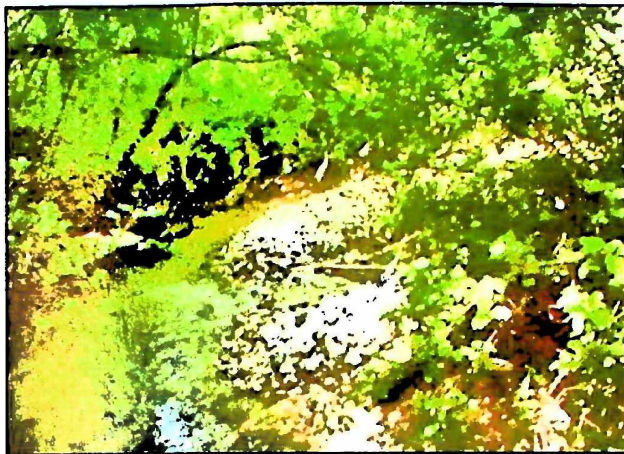
Potok Rimanić se nalazi u Bjelopavličkoj ravnici i jedna je od najdužih pritoka rijeke Zete, u koju se uliva kod Spuža. Na profilu potoka Rimanić, možemo razlikovati dva dijela: prvih šest kilometara pripadaju periodičnom dijelu, poslije toga potok postaje perenijalan i ima tok tokom čitave godine.

Za potrebe eksperimenta na potoku Rimanić izabrana su četiri lokaliteta (vidi sliku 7): tri u periodičnom dijelu (Slike 8-10) i jedan lokalitet u donjem dijelu potoka (Slika 12), koji se odlikuje stalnim tokom u toku čitave godine.

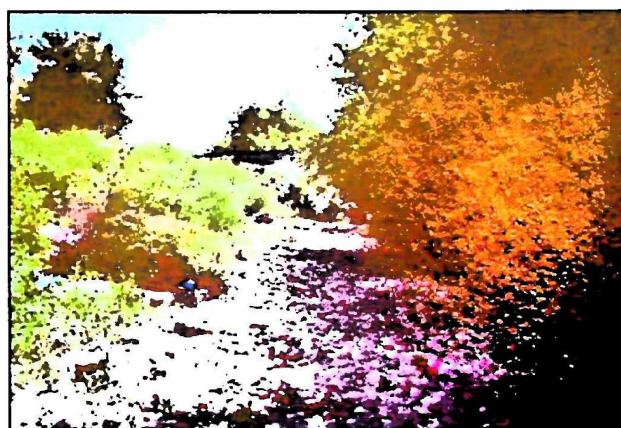
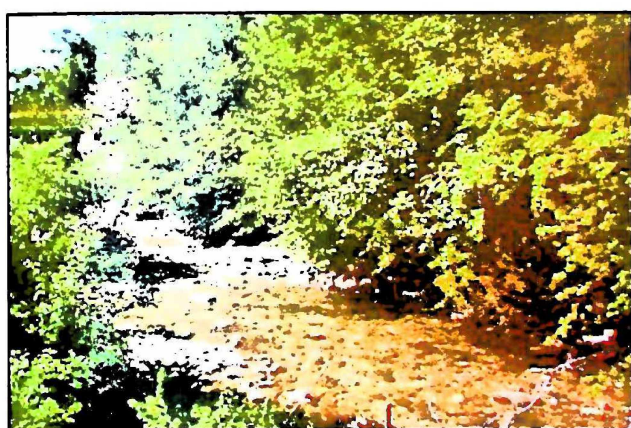
Tri lokaliteta, u periodičnom dijelu potoka, nalaze se na različitim udaljenostima od perenijalnog dijela potoka (DP "distance perennial"): lokalitet 1 (42°32.529'N 19°11.419'E, nadmorska visina 52 m) (Slika 8), se nalazi u neposrednoj blizini dijela potoka gdje on postaje perenijal; lokalitet 2 (42°31.955'N 19°11.336'E, nadmorska visina 52 m) (Slika 9), se nalazi oko 850 m od perenijalnog dijela potoka; dok se lokalitet 3 (42°31.566'N 19°11.607'E, nadmorska visina 103 m) (Slika 10), nalazi 1700 m udaljen od perenijalnog dijela potoka.



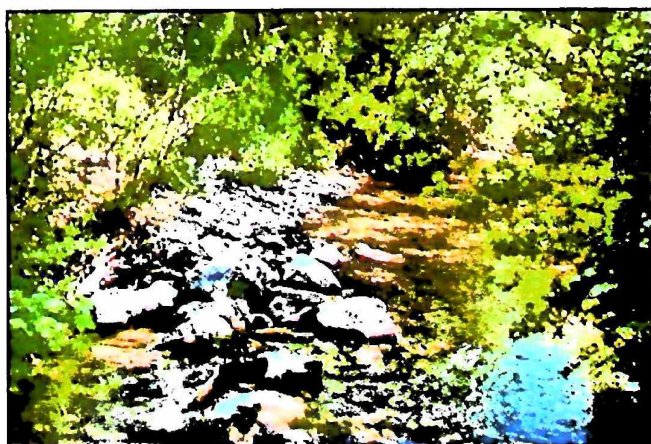
Slika 7. Mapa sliva potoka Rimanić sa istraživanim lokalitetima. A – donji dio potoka (perenijalni deo). B – izvor Pištet. 1, 2, 3 – lokaliteti duž periodičnog dijela potoka Rimanić



Slika 8. Lokalitet 1 u periodičnom dijelu potoka Rimanić u vlažnom (lijevo) i suvom (desno) periodu

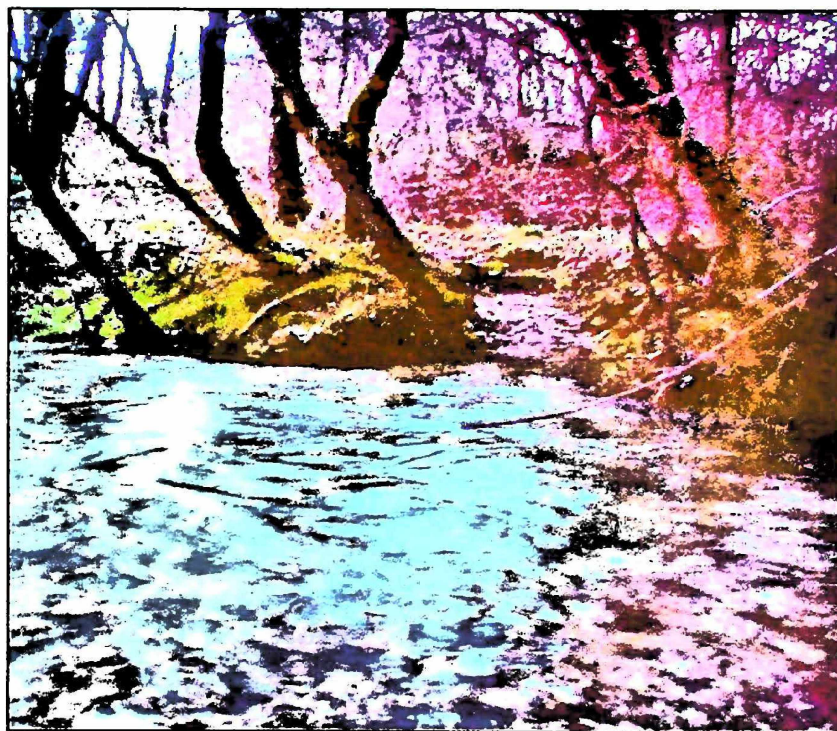


Slika 9. Lokalitet 2 u periodičnom dijelu potoka Rimanić u vlažnom (lijevo) i suvom (desno) periodu



Slika 10. Lokalitet 3 u periodičnom dijelu potoka Rimanić u vlažnom (lijevo) i suvom (desno) periodu

Supstrat u perenijalnom i periodičnom dijelu potoka je pjeskovito-šljunkovit, dok je okolna kopnena vegetacija dobro razvijena i predstavljena je šikarama i šumarcima zajednice *Carpinetum-orientalis*. Sva četiri lokaliteta su izložena malom antropogenom uticaju. Lokalizacije 1 i 2 u periodičnom dijelu potoka, kao i donji dio potoka, nalaze se u neposrednoj blizini lokalnog puta, te trpe i potencijalno zagađenje.



Slika 12. Donji tok potoka Rimanić



Slika 13. Izvor Pištet

Izvor Pištet (42°33'10.70"N 19°11'38.67"E, nadmorska visina 172 m) se nalazi u gornjem dijelu sliva potoka Rimanić i pripada reokrenom tipu izvora. Eukrenonski dio izvora je kaptiran, tako da je za potrebe analize makroinvertebratske zajednice, uzimanje uzoraka rađeno u izvorišnoj otoci. Supstrat je pjeskovito-šljunkovit. Okolna kopnena vegetacija je dobro razvijena, dok su u vodenoj vegetaciji dominantne vrste: *Myriophyllum verticillatum*, *Fontinalis* sp. *Chara fragilis*, *Ranunculus aquatilis*, *Plantago aquatica*, itd. Takođe su brojne vrste zelenih i modrozelenih algi, koje u proljeće dovode do pojave "cvetanja".

Mareza (Slika 14)

Vrela Mareze predstavljaju niz karstnih izvora sifonskog i prelivnog karaktera. Nalaze se na nadmorskoj visini od 34-40 m. Izvori se javljaju na dužini oko 2000 m. Idući od sjeverozapada prema jugoistoku, na prvih 1000 m dužine su stalni izvori, a dalje povremeni, koji se javljaju u vrijeme obilnijih kiša. Jedan dio izvorišta je kaptiran za potrebe vodosnabdijevanja grada Podgorice i izdašnost ovog izvora nikada ne pada ispod 1000 l/s. Prokopavanjem kanala skrenuta je voda Mareze prema toku Sitnice, sa kojom je spojena uzvodno od mosta na putu Podgorica-Nikšić. Ukupna izdašnost vrela Mareze u sušnom periodu je 1,5 m³/s, a u kišnom periodu oko 10 m³/s. Prema Raduloviću (1989), nije još uvijek utvrđeno slivno područje Mareze, ali pretpostavlja se da ono zahvata prostor sjeverozapadno od Bjelopavličke ravnice, između slivova Zete i gornjeg toka rijeke Morače.



istraživanja smo sprovedi na kanalu Mareza, koji nastaje od limnokrenog izvora i nalazi se u neposrednoj blizini saobraćajnog puta Podgorica – Spuž (preko sela Daljam). Širina kanala je oko 1m, a dubina se kreće oko nekih 20-80 cm. Nivo vode varira tokom godine i u toku ljetnjih mjeseci opada i iznosi oko 20 cm. Kanal se odlikuje stalnim tokom, stabilnom temperaturom vode, tokom cijele godine (9-11⁰C), muljevitim supstratom i jako bogatom emerznom i submerznom vegetacijom (*Bryophyta*, *Potamogeton sp.*, *Lemna sp.*, *Mentha aquatica*, *Phragmites communis*, *Scripus lacuster* itd.). Pošto se nalazi u neposrednoj blizini saobraćajnog puta i farme izložen je slabom antropogenom uticaju.

3.2. Metode

3.2.1. Metode sakupljanja vodenih koleoptera

Vodene koleoptere su sakupljane pomoću ručne planktonske mreže i sortirane na licu mjesta, od drugog materijala, a potom konzervirane u 70 % alkoholu. Identifikacija i disekcija jedinki je urađena korišćenjem stereomikroskopa Stemi 2000-C. Disekovani edeagus mušjaka su držani 1-2 sata u 10% KOH. Identifikacija taksona je urađena korišćenjem relevantne literature i ključeva za identifikaciju.

Materijal se nalazi pohranjen i čuva se u zbirci Univerziteta Crne Gore, Studijska grupa za biologiju, Podgorica. Dio materijala se nalazi u zbirci Dr Hansa Ferija (Berlin).

U opisu vrsta su korištene sledeće skraćenice: TL = ukupna dužina tijela; TL – H = ukupna dužina bez glave; MW = maksimalna širina tijela; WPr = širina pronotuma u osnovi, IOD = međuočna udaljenost.

3.2.2. Metode analize sezonske dinamike makroinvertebrata

Analiza sezonske dinamike makroinvertebrata u perenijalnim vodenim tijelima

Na lokalitetima (potok Rimanić, izvor Pištet i kanal Mareza) na kojima je praćena sezonska dinamika makroinvertebratske zajednice, uzorkovanje je rađeno svakog mjeseca u periodu od jedne godine. Uzorci bentosnih makroinvertebrata na pomenutim lokalitetima su uzimani kvalitativnom metodom, korišćenjem ručne planktonske mreže (donji tok potoka Rimanić i kanal Mareza) i kvantitativnom metodom korišćenjem Surberove mreže (35cm x 35cm) (izvor Pištet).

U sušnom periodu godine (Avgust 2009. do Oktobar 2009. i Jun 2010. do Avgusta 2010.), na tri lokaliteta (vidi Sliku 7), duž periodičnog dijela potoka Rimanić svakog mjeseca uziman je sediment (ukupno 3 probe x 2.5 kg sa površine od cc. 1m²), koji je zatim transportovan u plastičnim kesama u laboratoriju. U laboratoriji sediment je usipan u kante od 8l i prelivan destilovanom vodom. Nakon toga, da bi se stimulisali prirodni uslovi i radi što bolje aeracije, u svakoj od kanti postavljane su pumpe. Nakon tri nedelje izvršeno je ispiranje sedimenta kroz sito promjera okaca 0.5 mm, a zatim je rađena separacija, prebrojavanje i identifikacija organizama, do najniže mogućeg taksonomskog nivoa u zavisnosti od taksonomske grupe i razvojnog stupnja.

Po uspostavljanju toka vode u Novembru, na tri spomenuta lokaliteta u periodičnom dijelu potoka, rađeno je uzorkovanje korišćenjem Surberove mreže sa površine od ca. 1m². Uzorci su sakupljani svaki mjesec od Novembra 2009. do Maja 2010. Uzorci su fiksirani u 75% alkoholu i potom transportovani do laboratorije.

U laboratoriji je izvršena separacija i brojanje bentosnih invertebrata iz kvantitativnih uzoraka korišćenjem stereomikroskopa Stemi 2000-C. Jedinke su potom fiksirane u 70% alkoholu. Determinacija do najmanje mogućeg taksonomskog nivoa je vršena pomoću relevantnih ključeva za determinaciju.

3.2.3. Metode primijenjivane u numeričkoj obradi podataka

Relacija između zajednica vodenih Coleoptera i tipova staništa i nadmorske visine analizirana je Kanoničnom Korespondentnom Analizom (Canonical Correspondence Analysis CCA), korišćenjem programa STATISTICA 6.0. Za određivanje najčešćih asocijacija vrsta vodenih koleoptera na istraživanim lokalitetima korišćena je UPGMA klasterska analiza.

Apsolutna abudancija invertebrata iz kvantitativnih uzoraka je pretvarana u vrijednost po 1 m⁻².

Indeksi diverziteta pojedinih lokaliteta, a samim tim i zajednica koje se na njima javljaju su određeni upotrebom Šenon-Viverovog indeksa diverziteta, a stepen sličnosti zajednica između lokaliteta pomoću Sorensenovog koeficijenta (vidi Pešić i Tomović 2011).

Promjene u zajednici invertebrata u periodičnom dijelu, su izučavane korišćenjem Nonmetric Multidimensional Scaling (NMDS; Clarke 1993), koja se koristi za ispitivanje prostornih obrazaca (Field i sar. 1982). NMDS je urađena pomoću Bray-Kurtisovog koeficijenta udaljenosti (*Bray–Curtis distance measure*).

Za određivanje razlika između grupa, datuma uzorkovanja (u okviru svih grupa lokaliteta) i grupa lokaliteta (u okviru svih grupa datuma uzorkovanja) u NMDS ordinaciji, korišćen je opšti statistički test za uzorke (*global sample statistic*, Spearman's Rho) .

4.1. Istraživanje vodenih koleoptera familije Dytiscidae Crne Gore

4.1.1. Faunistički pregled nađenih vrsta vodenih koleoptera familije Dytiscidae

U toku naših istraživanja ukupno je nađeno i identifikovana 39 vrsta iz 18 rodova i 3 podfamilije. Trinaest vrsta je registrovano po prvi put za faunu Crne Gore.

Podred Adephaga

Superfamilija Hydrocanthares

Familija Dytiscidae Westwood, 1839

Podfamilija Hydroporinae Regimbart, 1878

Liopterus Dejean, 1833

1. *Liopterus haemorrhoidalis* (Fabricius, 1787)

Proučavani materijal: MNE 15 7 jedinki.

Napomena: Nova za faunu Crne Gore

Rasprostranjenje: Palearktik.

Laccophilus Leach, 1817

2. *Laccophilus hyalinus* (Degeer, 1774)

Proučavani materijal: MNE2 2 jedinke; MNE8 21 jedinke; MNE16 2 jedinke; MNE25 19 jedinke; MNE30 4 jedinke; MNE40 19 jedinke; MNE52 10 jedinke; MNE55 1 jedinka.

Rasprostranjenje: Palearktik.

3. *Laccophilus minutus* (Linnaeus, 1758)

Proučavani materijal: MNE15 1 jedinka.

Rasprostranjenje: Palearktik.

Proučavani materijal: MNE15 2 jedinke.

Rasprostranjenje: Palearktik.

Bidessus Sharp, 1882

5. *Bidessus muelleri* Zimmermann, 1927

Proučavani materijal: MNE2 38 jedinke; MNE 15 3 jedinke; MNE16 2 jedinke; MNE40 1 jedinka.

Rasprostranjenje: Mediteran.

Hydroglyphus Motschulsky, 1853

6. *Hydroglyphus geminus* (Fabricius, 1792)

Proučavani materijal: MNE2 5 jedinke; MNE15 4 jedinke; MNE16 5 jedinke; MNE29 2 jedinke; MNE30 2 jedinke; MNE40 7 jedinke; MNE45 4 jedinke; MNE 48 2 jedinke.

Rasprostranjenje: Palearktik.

Hygrotus Stephens, 1828

7. *Hygrotus inaequalis* (Fabricius, 1776)

Proučavani materijal: MNE3 4 jedinke; MNE14 9 jedinki; MNE 15 3 jedinke.

Rasprostranjenje: Palearktik.

Hydroporus Clairville, 1806

8. *Hydroporus discretus* Fairmaire & Brisout de Barneville, 1859

Proučavani materijal: MNE7 8 jedinki.

Rasprostranjenje: Zapadni Palearktik.

9. *Hydroporus dobrogeanus* Ieniște, 1962

Proučavani materijal: MNE 18 14 jedinki; MNE47 1 jedinka; MNE 44 1 jedinka.

Rasprostranjenje: Mediteran.

Proučavani materijal: MNE2 1 jedinka; MNE5 2 jedinke; MNE10 1 jedinka; MNE46 2 jedinke.

Rasprostranjenje: Mediteran.

11. *Hydroporus macedonicus* Fery i Pešić, 2006 (Slika 15 A-B)

Proučavani materijal: MNE21 3 jedinke.

Napomena: Ova vrsta je do sada jedino bila poznata na osnovu dva mužijaka sa *locus typicus* u južnoj Makedoniji (planina Kožuf, reohelokreni izvor u blizini sela Konopište, Fery i Pešić, 2006). Ovo je prvi nalaz ženke vrste *Hydroporus macedonicus*. Primjerci iz Crne Gore se dobro slažu sa originalnim opisom, a prikupljene ženke po spoljašnjem habitusu izgledaju kao mužijaci. Za analizu dijagnostičkih karaktera *H. macedonicus* vidjeti Fery i Pešić (2006). Gonokokse su kao na Slici 15A, gonokoksosterne kao na Slici 15B.

Dimenzije ženke iz Crne Gore:

TL = 3.2 mm, TL - H = 2.7 mm; MW = 1.7 mm; WPr = 1.45 mm; IOD = 0.6 mm.

Rasprostranjenje: Makedonija, Crna Gora.

12. *Hydroporus palustris* (Linnaeus, 1761)

Proučavani materijal: MNE5 1 jedinka; MNE6 1 jedinka; MNE11 2 jedinke; MNE12 2 jedinke; MNE22 1 jedinka; MNE28 2 jedinke; MNE29 2 jedinke.

Rasprostranjenje: Paleartik.

13. *Hydroporus pubescens* (Gyllenhal, 1808)

Proučavani materijal: MNE1 2 jedinke; MNE6 2 jedinke; MNE7 52 jedinke; MNE9 1 jedinka; MNE14 4 jedinke; MNE17 10 jedinki; MNE19 13 jedinki; MNE20 30 jedinki; MNE21 19 jedinki; MNE25 6 jedinki; MNE39 5 jedinki; MNE 42 2 jedinke; MNE43 16 jedinki; MNE44 2 jedinke; MNE47 5 jedinki.

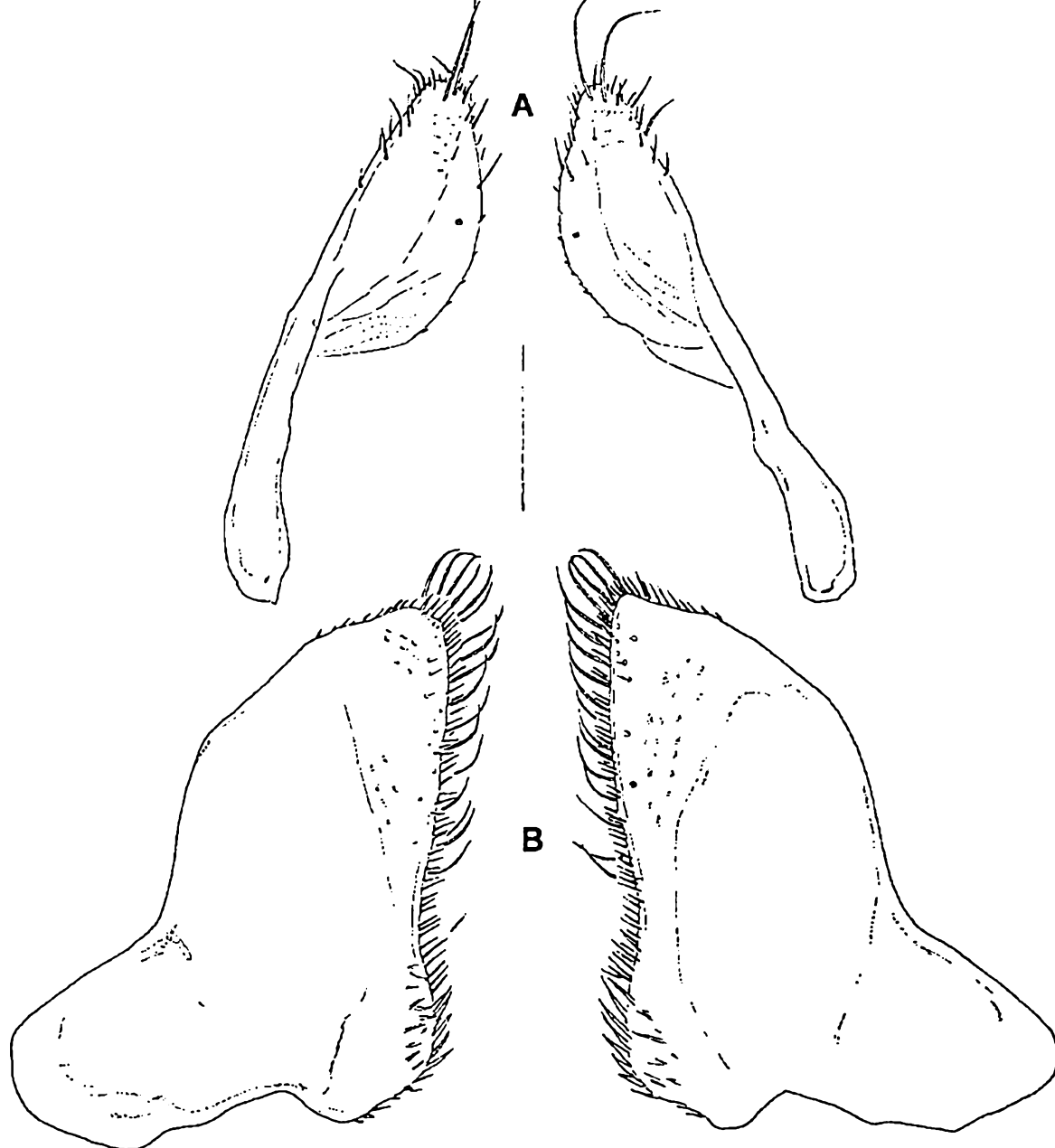
Napomena: Nova za faunu Crne Gore.

Rasprostranjenje: Paleartik.

14. *Hydroporus tessellatus* (Drapiez, 1819)

Proučavani materijal: MNE4 2 jedinke; MNE5 4 jedinke; MNE7 29 jedinki; MNE20 5 jedinki; MNE43 10 jedinki; MNE47 4 jedinke.

Rasprostranjenje: Zapadni Paleartik.



Slika 15A-B: *Hydroporus macedonicus*, ženka: gonokokse (A) i gonokoksalnisternum (B)

Graptodytes Seidlitz, 1887

15. *Graptodytes pictus* (Fabricius, 1787)

Proučavani materijal: MNE8 2 jedinke, MNE16 4 jedinke.

Rasprostranjenje: Evropa.

Proučavani materijal: MNE1 57 jedinki; MNE2 21 jedinki; MNE10 6 jedinki; MNE14 8 jedinki; MNE35 9 jedinki; MNE51 3 jedinke.

Rasprostranjenje: Mediteran.

Oreodytes Seidlitz, 1887

17. *Oreodytes davisii davisii* (Curtis, 1831)

Proučavani materijal: MNE 31 2 jedinke.

Rasprostranjenje: Evropa.

18. *Oreodytes sanmarkii* (C. R. Sahlberg, 1826)

Proučavani materijal: MNE 41 1 jedinka.

Rasprostranjenje: Palearktik.

19. *Oreodytes septentrionalis* (Gyllenhal, 1826)

Proučavani materijal: MNE 50 2 jedinke.

Rasprostranjenje: Evropa.

Deronectes Sharp, 1882

20. *Deronectes latus* (Stephens, 1828)

Proučavani materijal: MNE 26 2 jedinke; MNE 33 3 jedinke.

Rasprostranjenje: Evropa.

21. *Deronectes moestus inconspectus* (Leprieur, 1876)

Proučavani materijal: MNE6 1 jedinka; MNE13 3 jedinke; MNE14 2 jedinke; MNE42 1 jedinka; MNE 44 2 jedinke.

Napomena: Nova za faunu Crnu Goru.

Rasprostranjenje: Mediteran.

22. *Deronectes platynotus* (Germar, 1834)

Proučavani materijal: MNE17 3 jedinke; MNE27 1 jedinka.

Napomena: Nova za faunu Crne Gore.

Rasprostranjenje: Evropa.

23. *Scarodytes halensis halensis* (Fabricius, 1787)

Proučavani materijal: MNE 6 4 jedinke; MNE8 3 jedinke; MNE13 4 jedinke; MNE19 2 jedinke; MNE29 12 jedinki; MNE43 5 jedinki; MNE52 2 jedinke; MNE56 2 jedinke.

Rasprostranjenje: Palearktisk.

Nebrioporus Règimbart, 1906

24. *Nebrioporus luctuosus* (Aubé, 1838)

Proučavani materijal: MNE36 1 jedinka.

Napomena: Nova za faunu Crne Gore.

Rasprostranjenje: Palearktisk.

Platambus Thomson, 1859

25. *Platambus maculatus* (Linnaeus, 1758)

Proučavani materijal: MNE 6 11 jedinki; MNE8 19 jedinki; MNE11 4 jedinke; MNE32 6 jedinki; MNE49 3 jedinke; MNE55 6 jedinki.

Rasprostranjenje: Palearktisk.

Agabus Leach, 1817

26. *Agabus bipustulatus* (Linnaeus, 1767)

Proučavani materijal: MNE1 5 jedinki; MNE2 4 jedinke; MNE3 2 jedinke; MNE5 3 jedinke; MNE6 2 jedinke; MNE7 3 jedinke; MNE8 5 jedinki; MNE9 11 jedinki; MNE10 11 jedinki; MNE15 4 jedinke; MNE19 12 jedinki; MNE20 3 jedinke; MNE21 6 jedinki; MNE29 1 jedinka; MNE43 5 jedinki; MNE44 3 jedinke; MNE 47 1 jedinka; MNE56 2 jedinke.

Rasprostranjenje: Palearktisk.

27. *Agabus biguttatus* (Olivier, 1795)

Proučavani materijal: MNE11 2 jedinke; MNE28 4 jedinke.

Rasprostranjenje: Palearktisk.

Proučavani materijal: MNE5 4 jedinke; MNE7 2 jedinke; MNE11 4 jedinke; MNE13 1 jedinka; MNE21 1 jedinka; MNE23 3 jedinke; MNE24 2 jedinke; MNE37 6 jedinki; MNE39 7 jedinki; MNE43 2 jedinke; MNE44 3 jedinke; MNE53 4 jedinke; MNE54 2 jedinke; MNE56 2 jedinke.

Rasprostranjenje: Zapadni Palearktik.

29. *Agabus nebulosus* (Forster, 1771)

Proučavani materijal: MNE 7 1 jedinka; MNE19 1 jedinka.

Rasprostranjenje: Mediteran.

30. *Agabus paludosus* (Fabricius, 1801)

Proučavani materijal: MNE29 1 jedinka.

Napomena: Nova za faunu Crne Gore.

Rasprostranjenje: Zapadni Palearktik.

31. *Agabus sturmii* (Gyllenhal, 1808)

Proučavani materijal: MNE 22 1 jedinka; MNE 28 1 jedinka.

Napomena: Nova za faunu Crne Gore.

Rasprostranjenje: Palearktik.

Ilybius Erichson, 1832

32. *Ilybius chalconatus* (Panzer, 1797)

Proučavani materijal: MNE32 2 jedinke; MNE 42 4 jedinke.

Napomena: Nova za faunu Crne Gore.

Rasprostranjenje: Palearktik.

33. *Ilybius fuliginosus fuliginosus* (Fabricius, 1792)

Proučavani materijal: MNE6 5 jedinki; MNE7 2 jedinke; MNE8 3 jedinke; MNE20 2 jedinke; MNE21 1 jedinka; MNE25 1 jedinka; MNE29 15 jedinki; MNE34 2 jedinke; MNE 38 3 jedinke.

Napomena: Nova za faunu Crne Gore.

Rasprostranjenje: Palearktik.

Proučavani materijal: MNE5 2 jedinke.

Napomena: Nova za faunu Crne Gore.

Rasprostranjenje: Evropa.

Hydaticus Leach, 1817

35. *Hydaticus transversalis* (Pontoppidan, 1763)

Proučavani materijal: MNE 8 1 jedinka.

Rasprostranjenje: Zapadni Paleartik.

Acilius Leach, 1817

36. *Acilius sulcatus* (Linnaeus, 1758)

Proučavani materijal: MNE 43 1 jedinka.

Rasprostranjenje: Paleartik.

Dytiscus Linnaeus, 1758

37. *Dytiscus circumcinctus* (Ahrens, 1811)

Proučavani materijal: MNE 8 2 jedinke.

Napomena: Nova za faunu Crne Gore.

Rasprostranjenje: Holartik.

38. *Dytiscus dimidiatus* (Bergsträsser, 1778)

Proučavani materijal: MNE 8 1 jedinka; MNE 44 1 jedinka.

Napomena: Nova za faunu Crne Gore.

Rasprostranjenje: Zapadni Paleartik.

Cybister Curtis, 1827

39. *Cybister lateralimarginalis* (De Geer, 1774)

Proučavani materijal: MNE14 1 jedinka; MNE43 1 jedinka.

Rasprostranjenje: Paleartik.

Da bi analizirali faunu neke oblasti, neophodno je dobro poznavanje sistematske strukture faune, odnosno specifičnog rasporeda vrsta po rodovima, familijama i drugim višim sistematskim kategorijama. Tokom naših trogodišnjih istraživanja slatkovodnih ekosistema Crne Gore, 39 vrsta vodenih koleoptera familije Dytiscidae su sakupljene. Ukupan broj ditiscida Crne Gore, sada iznosi šezdeset i pet vrsta iz osamnaest rodova. Trinaest vrsta: *Agabus sturmii* (Gyllenhal, 1808), *A. paludosus* (Fabricius, 1801), *Deronectes moestus inconspicuosus* (Leprieur, 1876), *D. platynotus* (Germar, 1834), *Dytiscus circumcinctus* Ahrens, 1811, *D. dimidiatus* Bergsträsser, 1778, *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, *H. pubescens* (Gyllenhal, 1808), *Ilybius chalconatus* (Panzer, 1797), *I. fuliginosus fuliginosus* (Fabricius, 1792), *I. pseudoneglectus* (Franciscolo, 1972), *Liopterus haemorrhoidalis* (Fabricius, 1787) i *Nebrioporus luctuosus* (Aubé, 1838), registrovane su po prvi put za faunu Crne Gore.

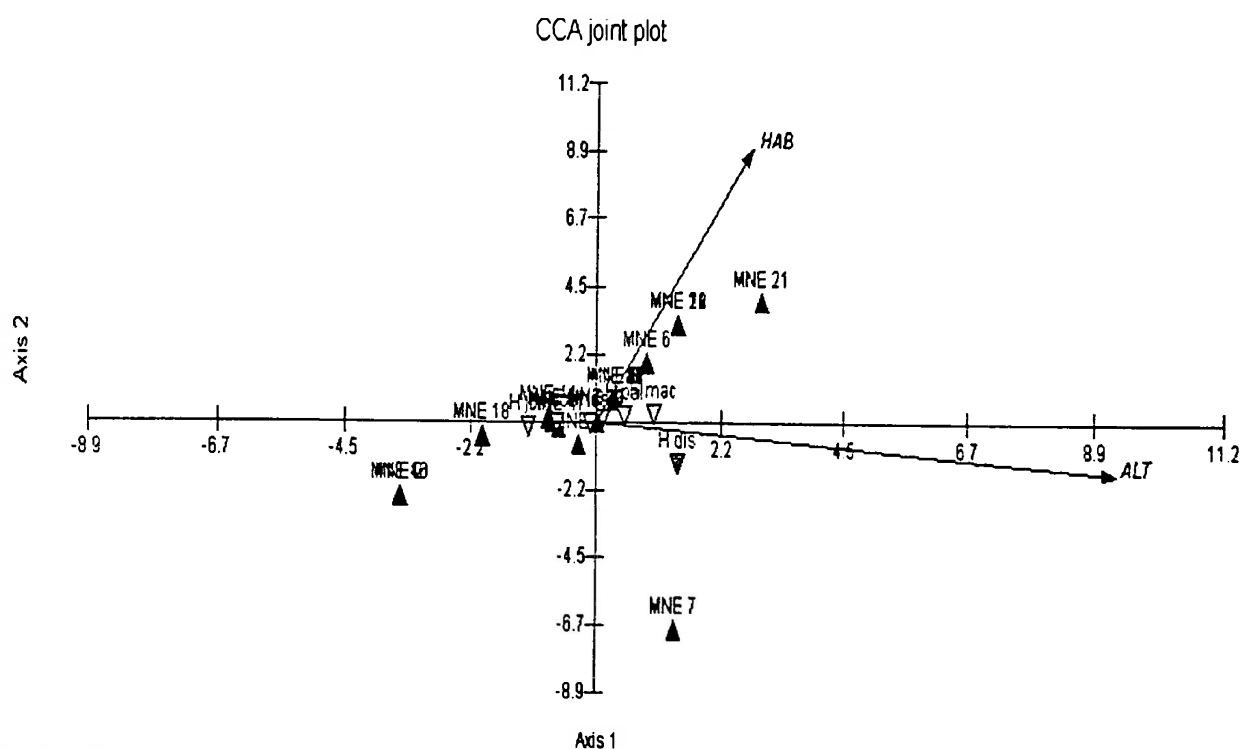
Vrste: *Hydroporus pubescens*, *Agabus bipustulatus* i *A. guttatus* su bile najrasprostranjenije vrste u našoj studiji. Vrsta *Agabus bipustulatus* je nađena na 18 lokaliteta, dok su vrste *Hydroporus pubescens* i *Agabus guttatus* registrovane na 14 lokaliteta. Nasuprot tome, vrste: *Agabus paludosus*, *Acilius sulcatus*, *Dytiscus circumcinctus*, *Hydaticus transversalis*, *Hydroporus discretus*, *H. macedonicus*, *Ilybius pseudoneglectus*, *Laccophilus poecilus*, *L. minutus*, *Liopterus haemorrhoidalis*, *Nebrioporus luctuosus*, *Oreodytes davisii davisii*, *O. sanmarkii* i *O. septentrionalis*, su bile ograničene na samo jedan lokalitet.

Ispitivanjem 851 jedinki akvatičnih koleoptera familije Dytiscidae pokazalo se da su najbrojnije vrste (u zagradama su dati % od ukupnog broja nađenih jedinki): *Hydroporus pubescens* (20%), *Graptodytes veterator* (12%) i *Agabus bipustulatus* (10%). Sa druge strane, vrste *Agabus paludosus*, *Acilius sulcatus*, *Hydaticus transversalis*, *Laccophilus minuta*, *Nebrioporus luctuosus* i *Oreodytes sanmarkii* čine manje od 1% ukupnog broja sakupljenih jedinki.

Rodovi sa najvećim brojem vrsta (u zagradama je dat broj vrsta) su: *Hydroporus* (7), *Agabus* (6), *Oreodytes* (3), *Deronectes* (3), *Laccophilus* (3) i *Ilybius* (3). Preostali rodovi predstavljeni su pojedinačno sa manje od 3 vrste.

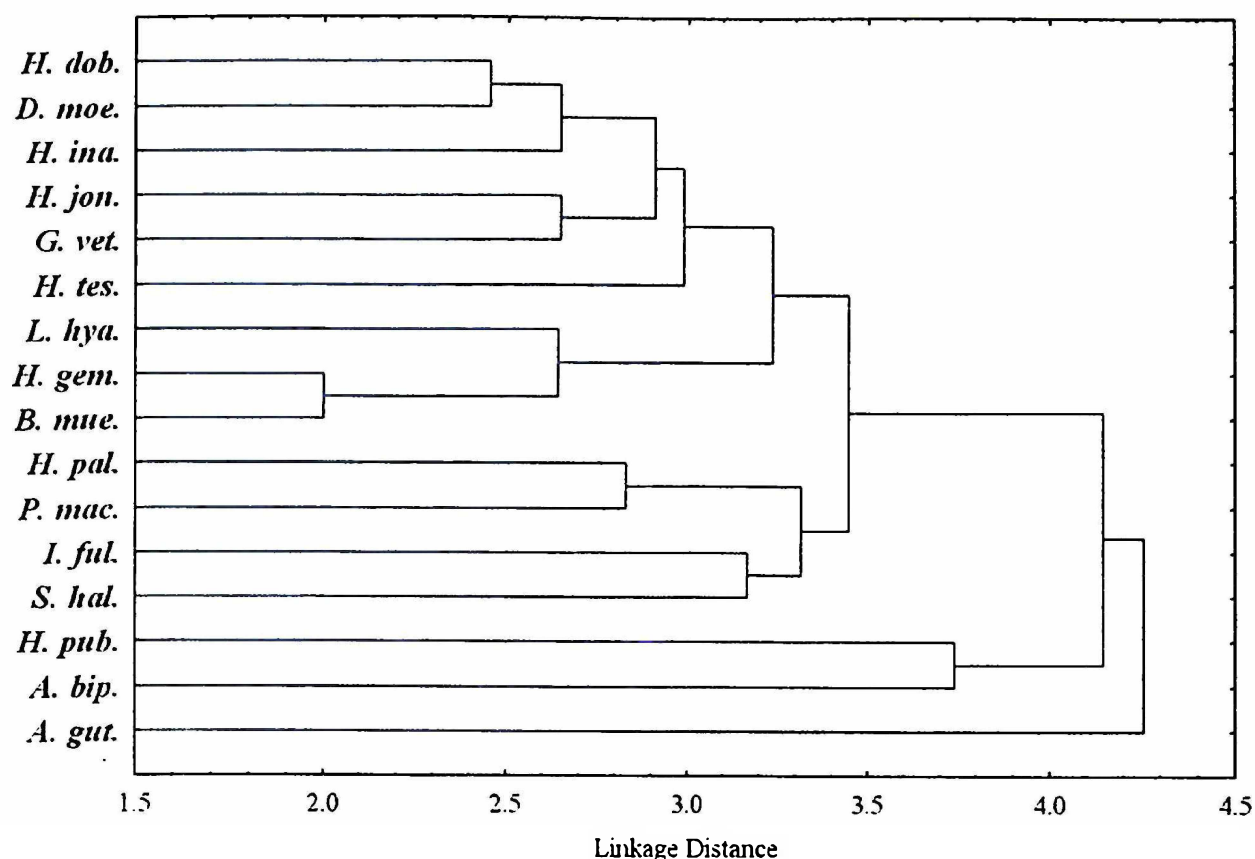
U toku naših istraživanja na prostoru Crne Gore, najveći broj vodenih koleoptera iz familije Dytiscidae, je prikupljen iz različitih tipova izvora (31 vrsta). Najveći broj tih vrsta je nađen u limnokrenim (13 vrsta) i reokrenim (12 vrsta) izvorima, dok je svega 6 vrsta

(uglavnom *Hydroporus* vrsta) pronađeno u reotelokrenim izvorima. Fauna stajacih vodenih tijela obuhvaćenih našim istraživanjem, kao što su jezera, bare, lokve i plavne livade, obuhvata 33 vrste ditiscida. Najveći broj vrsta pronađen je u barama (17 vrsta), a većina od tih vrsta (9 vrsta) se srijeće u planinskim oblastima. Nasuprot tome, samo 6 vrsta pronađeno je u plavnim livadama i to u blizini Skadarskog jezera.



Slika 16. CCA analiza proučavanih lokaliteta i vrsta vodenih koleoptera familije Dytiscidae u odnosu na tip staništa i nadmorske visine

Važno je spomenuti da se mnoge vrste mogu naći u dva ili više tipa vodenih staništa, što je uslovljeno time da granice između različitih tipova vodenih staništa nijesu oštre i jasne. Ovo objašnjava činjenicu da su tokom naših istraživanja najrasprostranjenije vrste bile: *Hydroporus pubescens*, *Agabus bipustulatus* i *A. guttatus*, koje se mogu naći kako u lotičkim tako i u lentičkim staništima. Nasuprot njima, neke vrste su ograničene na određena staništa, na primjer, vrsta *Hydroporus discretus* koja je isključivo vezana za veće nadmorske visine i reokrene izvore.



Slika 17. Klasterska analiza istraživanih lokaliteta koja se odnosi na prisustvo/odsustvo pojedinih vrsta:

H. pub. - *Hydroporus pubescens*; A.bip. - *Agabus bipustulatus*; A. gut. - *Agabus guttatus*; H. pal. - *Hydroporus palustris*; I. ful. - *Ilybius fuliginosus*; S. hal. - *Scarodytes halensis*; G. vet. - *Graptodytes veterator*; L. hya. - *Laccophilus hyalinus*; H. ge. - *Hydroglyphus geminus*; B. mue. - *Bidessus muelleri*; P. ma. - *Platambus maculatus*; H. tes. - *Hydroporus tessellatus*; D. mo. - *Deronectes moestus inconspicuous*; H. jon. - *Hydroporus jonicus*; H. dob. - *Hydroporus dobrogeanus*; I. cha. - *Ilybius chalconatus*; D. pla. - *Deronectes platynotus*; D. lat. - *Deronectes latus*; A. big. - *Agabus biguttatus*; A. str. - *Agabus sturmi*; A. big. - *Agabus biguttatus ab. nigricollis*; G. pic. - *Graptodytes pictus*; D. cir. - *Dytiscus circumcinctus*; H. tra. - *Hydaticus transversalis*; H. dis. - *Hydroporus discretus*; A. neb. - *Agabus nebulosus*; O. sep. - *Oreodytes septentrionalis*; O. sa. - *Oreodytes sanmarki*; O. da. - *Oreodytes davisii*; N. luc. - *Nebrioporus luctuosus*; L. ha. - *Lioporus haemorrhoidalis*; L. poe. - *Laccophilus poecilus*; L. min. - *Laccophilus minutus*; I. pse. - *Ilybius pseudoneglectus*; H. ma. - *Hydroporus macedonicus*; A. pal. - *Agabus paludosus*; C. lat. - *Cybister lateralimarginalis*; A. sul. - *Acilius sulcatus*.

Kanonska korespondentna analiza (Slika 16) istraživanih lokaliteta, bazirana na prisustvu/odsustvu određenih vrsta na određenim lokalitetima, pokazala je da se lokalitet MNE7 razlikuje od svih drugih lokaliteta i karakteriše se specifičnim prisustvom vrste *Hydroporus discretus* i najvećom nadmorskom visinom (1500-2000 m n.v.). Sa druge strane, lokalitet MNE21 se karakteriše specifičnim prisustvom vrste *Hydroporus macedonicus* i takođe se razlikuje od svih drugih lokaliteta. Ostali analizirani lokaliteti su slični po prisutnim vrstama i po kombinaciji stanišnih tipova i nadmorske visine.

na određenim lokalitetima, pokazala je da je najspecifičnija vrsta *Agabus guttatus*. Ostale analizirane vrste mogu se grupisati u dvije osnovne grupe. Jedna grupa sastoji se od vrsta *Hydroporus pubescens* i *Agabus bipustulatus*. Druga grupa je kompleksnija i može se podijeliti u dvije podgrupe. Prvu podgrupu čine vrste: *Hydroporus palustris*, *Platambus maculatus*, *Ilybius fuliginosus* i *Scarodytes halensis*. Druga podgrupa sastoji se od sledećih vrsta: *Hydroporus dobrogeanus*, *Deronectes moestus*, *Hygrotus inaequalis*, *Hydroporus jonicus*, *Graptodytes veterator*, *Hydroporus tessellatus*, *Laccophilus hyalinus*, *Hydroglyphus geminus* i *Bidessus muelleri*.

Pored sistematske strukture, za analizu jedne faune neophodno je da se utvrdi geografsko rasprostranjenje vrsta koje je sačinjavaju. Zoogeografska analiza vodenih Coleoptera je otežana iz najmanje dva razloga. Prvo, radi se o taksonomskoj grupi, gdje se još uvijek otkrivaju nove vrste. Drugi veliki problem je to što su mnogi djelovi zemlje, ali i širom Balkanskog poluostrva, veoma slabo istraženi, tako da je faunističko poznavanje vodenih koleoptera porodice Dytiscidae Crne Gore i Balkanskog poluostrva fragmentisano. To znači da se na pitanje obrazovanja faune vodenih Coleoptera određenog područja i njene starosti mora odgovarati isključivo oslanjajući se na poznavanje recentnih areala i ekologije pojedinih vrsta.

Distribucija taksona vodenih koleoptera povezana je sa njihovom biologijom i zavisi od fizičko-hemijskih i biotičkih faktora. Zoogeografska analiza popisanih vrsta porodice Dytiscidae sakupljenih u toku naših istraživanja izvršena je na osnovu pripadnosti taksona određenom horološkom elementu, koji je određivan na osnovu podataka o recentnom arealu vrste. Prema pripadnosti odgovarajućem horološkom elementu, utvrđeno je da sakupljeni taksoni pripadaju sledećim zoogeografskim elementima: holarktičkom, palearktičkom, zapadno-palearktičkom, evropskom, mediteranskom i balkanskom horološkom elementu (u zagradama je dat % od ukupnog broja vrsta porodice Dytiscidae, sakupljenih u toku naše studije).

Holoarktičkom horološkom elementu (čiji areal obuhvata Evropu, Aziju, sjevernu Afriku i Sjevernu Ameriku) pripada samo jedna vrsta (2%) sa istraživanog područja, a to je: *Dytiscus circumcinctus* Ahrens, 1811.

Najveći broj sakupljenih vrsta u našem istraživanju, pripada palearktičkom horološkom elementu. On obuhvata devetnaest vrsta, odnosno polovinu (50%) istraživane faune, što nije neobično kada znamo da mnoge vrste vodenih Coleoptera porodice Dytiscidae imaju veliku mogućnost aktivnog raseljavanja.

obuhvata šest vrsta (16%) porodice Dytiscidae na prostoru Crne Gore.

Šest vrsta, takođe pripada mediteranskom horološkom elementu. To su vrste *Peltodytes rotundatus*, *Haliplus rubidus*, *Graptodytes veterator*, *Deronectes moestus*, *Berosus affinis*, *Helochares lividus*, *Enochrus nigrinus*.

Šest vrsta (16%) pripada Evropskom horološkom elementu. Ovaj veoma značajan broj govori kako vodene Coleoptere porodice Dytiscidae poštuju sadašnje i pamte stare barijere, koje okružuju Evropski kontinent. To su sledeće vrste: *Bidessus muelleri* Zimmermann, 1927, *Hydroporus dobrogeanus* Ieništea, 1962, *H. jonicus* L. Miller, 1862, *Graptodytes veterator* (Zimmermann, 1918), *Deronectes moestus inconspicuous* (Leprieur, 1876) i *Agabus nebulosus* (Forster, 1771).

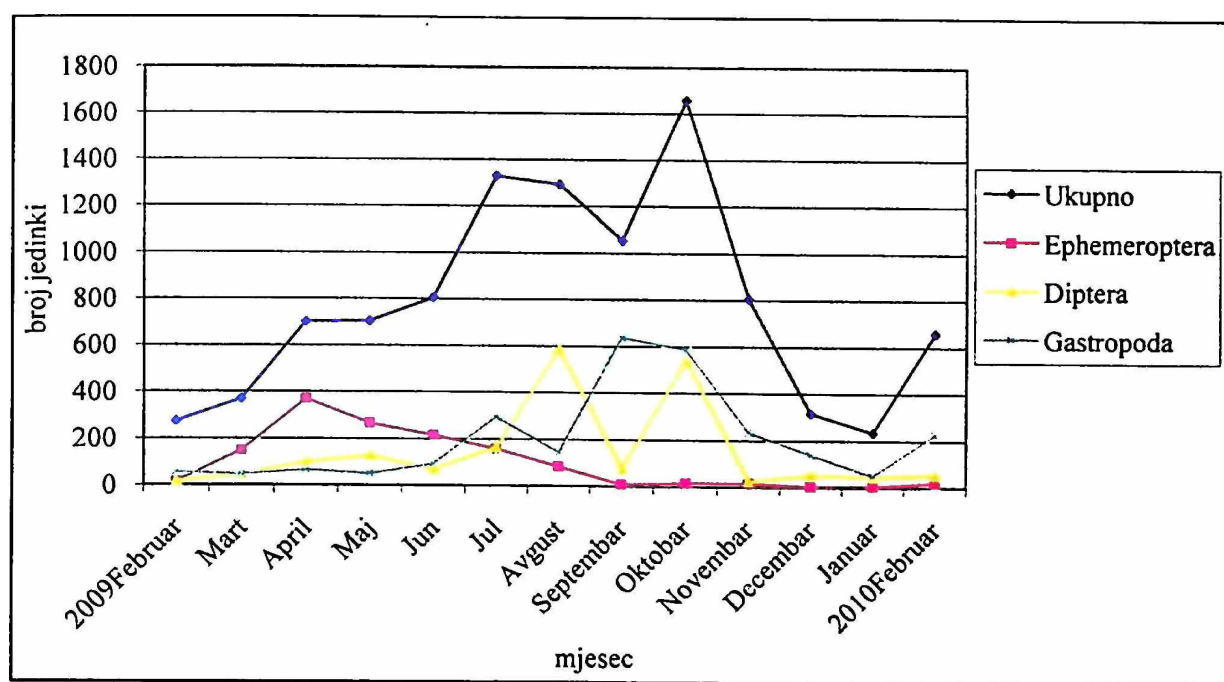
Jedna vrsta, *Hydroporus macedonicus* Fery i Pešić, 2006, pripada balkanskom zoogeografskom elementu. Ova vrsta je poznata samo iz Makedonije i Crne Gore, ali najverovatnije je njen areal širi i obuhvata veći dio Balkanskog poluostrva, gdje se sreće u reohelokrenim izvorima na većim nadmorskim visinama.

4.2. Sezonska dinamika makroinvertebrata i vodenih koleoptera

4.2.1 Sezonska dinamika zajednice vodenih invertebrata sa posebnim osvrtom na akvatične koleoptere u donjem toku potoka Rimanić

Kvalitativnom analizom zajednice vodenih makroinvertebrata u donjem toku potoka Rimanić, sakupljeno je ukupno 9,490 jedinki. Spisak registrovanih taksona, uključujući podatke o broju sakupljenih jedinki, dat je u tabeli 2.

U ukupnoj brojnosti (u zagradama je dat % od ukupnog broja sakupljenih jedinki) dominiraju Gastropoda (66.93%) i Diptera (19.58%), a subdominantne su Ephemeroptera (13.5%) i Coleoptera (12.2%), dok ostali taksoni učestvuju pojedinačno sa manje od 10% u ukupnom broju sakupljenih jedinki.

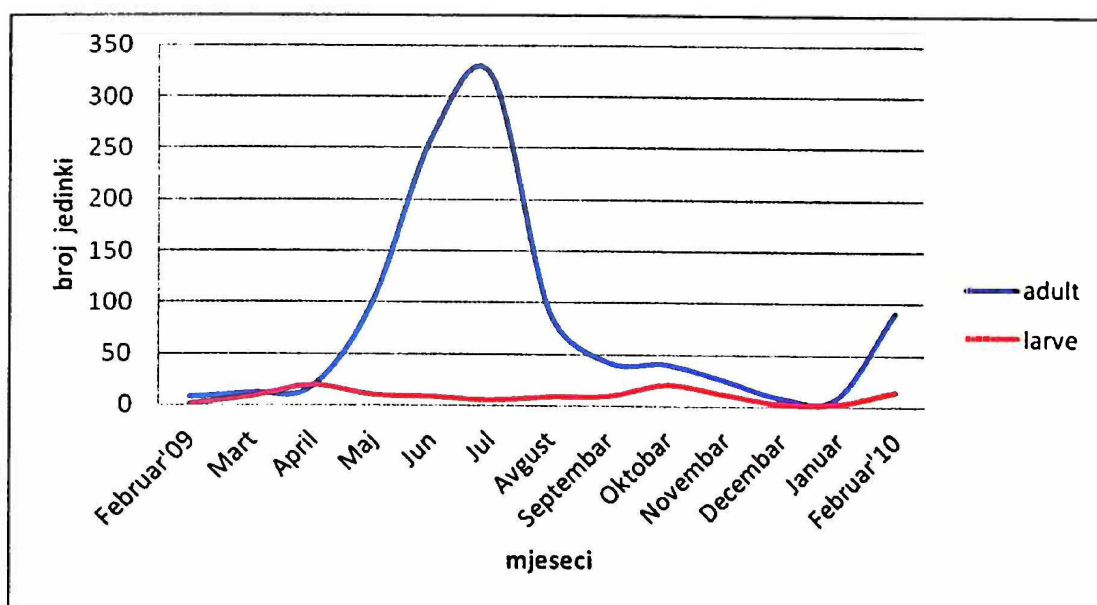


Slika 18. Sezonska dinamika ukupnog broja akvatičnih invertebrata, Ephemeroptera, Gastropoda i Diptera u donjem toku potoka Rimanić, u periodu od februara 2009. do februara 2010.

Najveća brojnost vodenih invertebrata nađena je u ljetnjem periodu (od jula do kraja septembra), dok je najmanja brojnost registrovana u zimskom periodu (decembar-februar) (Slika 18). Gastropode dostižu najveću brojnost u septembru i oktobru. Diptere imaju dva pika maksimuma brojnosti, u avgustu i u oktobru. Ephemeroptera imaju najveću brojnost, kao što se i očekuje u proljećnom periodu od marta do kraja juna

Kvalitativnom analizom zajednice vodenih koleoptera donjeg toka potoka Rimanić ukupno je sakupljeno 1028 adultnih jedinki i 130 larvi. Ukupno su identifikovane 22 vrste iz devet familija: Haliliplidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Helophoridae, Hydrophilidae, Hydraenidae, Dryopidae i Elmidae. Spisak registrovanih taksona, uključujući i podatke o broju sakupljenih jedinki, dat je u tabeli 3.

ina registrovanih vrsta (u zagradama je dat broj vrsta), pripada familijama Dytiscidae (7), Hydraenidae (4) i Elmidae (4), dok su familije Hydrochidae, Dryopidae, Haliplidae, Helophoridae i Gyrinidae, predstavljene sa po jednom vrstom. U ukupnoj brojnosti (u zagradama je dat % od ukupnog broja sakupljenih jedinki), dominiraju vrste familija Hydraenidae (70.12%) i Elmidae (13.55%), dok preostale familije pojedinačno čine manje od 10% ukupnog broja sakupljenih jedinki.



Slika 19. Dinamika brojnosti adulta i larvi vodenih koleoptera u donjem toku potoka Rimanić u periodu od februara 2009. do februara 2010.

Vrijednost Šenon-Viverovog indeksa varira u intervalu od 0.5501 u februaru, do 1.731 u aprilu.

Najveća brojnost vodenih koleoptera nađena je krajem jula, kada dominiraju vrste *Hydraena nigrita*, *Esolus angustatus* i *Scarodytes halensis*, koje u ovom mjesecu čine skoro 29% ukupnog broja sakupljenih jedinki u donjem toku potoka Rimanić. Najmanja brojnost vodenih koleoptera u donjem toku potoka Rimanić, registrovana je u zimskom periodu, tokom februara mjeseca 2009. i u decembru 2010. godine. Dinamika brojnosti larvi u donjem toku pokazuje dva pika maksimuma brojnosti, krajem aprila i krajem oktobra (Slika 17).

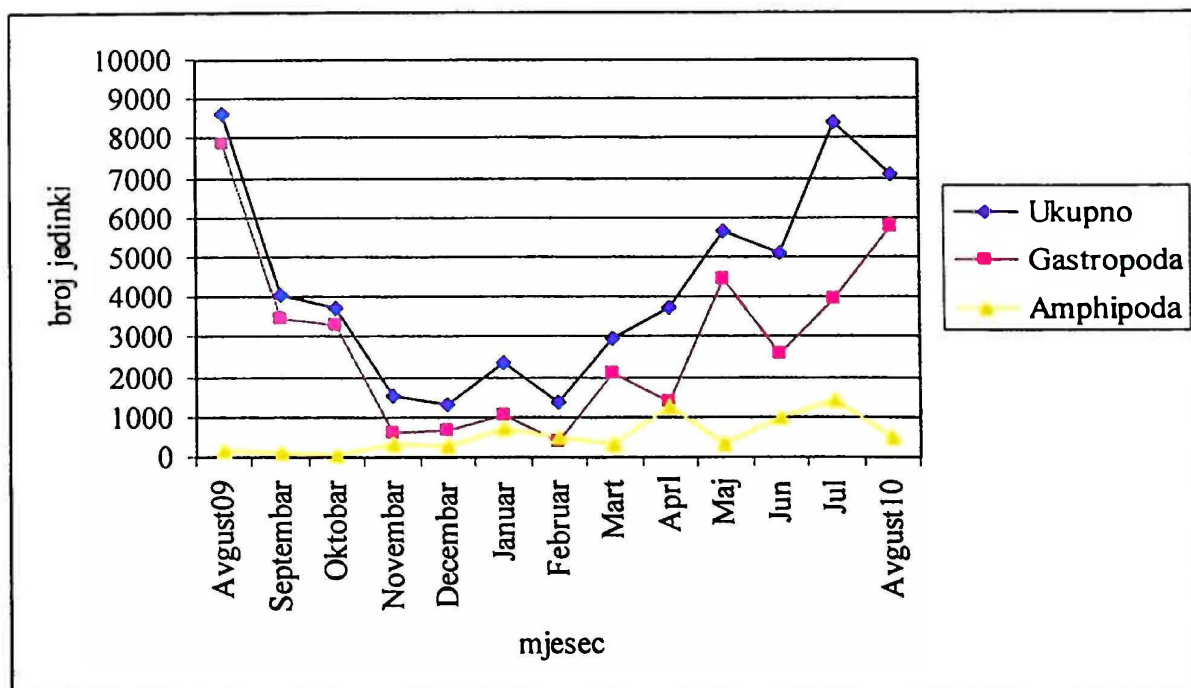
Kvalitativnom analizom zajednice vodenih invertebrata u izvoru Pištet, ukupno je kupljeno 55,959 jedinki invertebrata. Spisak registrovanih taksona, uključujući podatke o oju sakupljenih jedinki, dat je u tabeli 4.

U ukupnoj brojnosti (u zagradama je dat % od ukupnog broja sakupljenih jedinki) dominiraju Gastropoda (66.93%) i Amphipoda (12.44%), dok ostali taksoni učestvuju pojedinačno sa manje od 10% u ukupnom broju sakupljenih jedinki.

Najveća brojnost vodenih makroinvertebrata u izvoru Pištet, u toku istraživanog perioda, nađena je u ljetnjem periodu (jul i avgust), dok je najmanja brojnost registrovana u zimi. Gastropode dominiraju u svakom mjesecu i dinamika brojnosti gastropoda određuje dinamiku brojnosti čitave makroinvertebratske zajednice u izvoru Pištet (Slika 20).

Dinamika brojnosti Amphipoda pokazuje tri maksimuma brojnosti (januaru, aprilu i julu-julu).

Kvalitativnom analizom zajednice vodenih koleoptera izvora Pištet, ukupno je kupljeno 969 adultnih jedinki i 89 larvi. Ukupno je identifikovano 20 vrsta vodenih koleoptera iz sedam familija: Haliplidae, Dytiscidae, Helophoridae, Hydrophilidae, Hydrophilidae, Hydrophilidae i Elmidae. Spisak registrovanih taksona, uključujući podatke o broju sakupljenih jedinki dat je u tabeli 5.

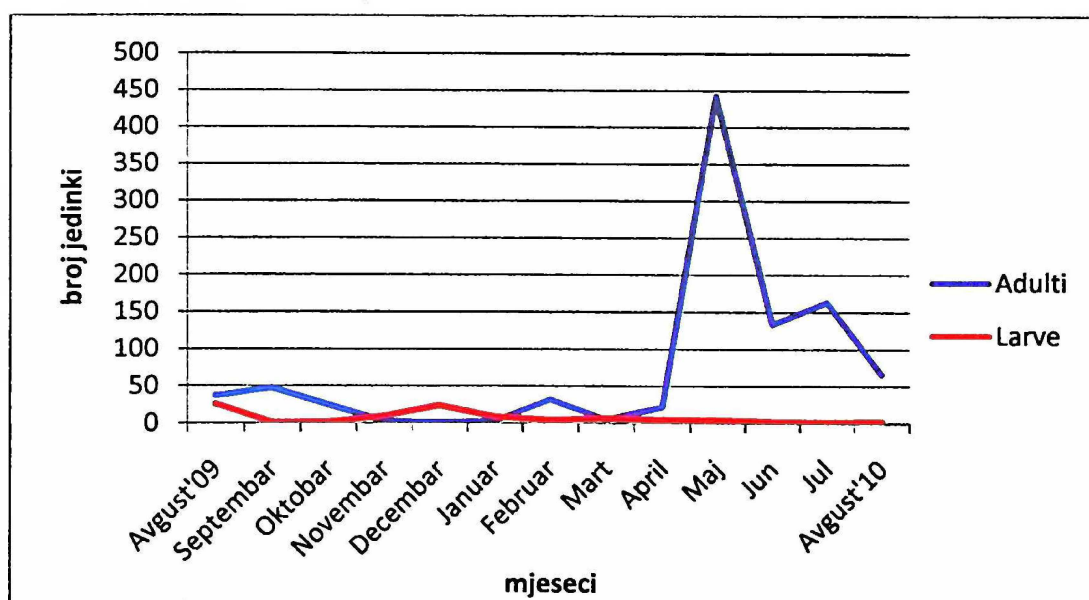


Slika 20. Sezonska dinamika ukupnog broja akvatičnih invertebrata, Gastropoda i Amphipoda

(12), zatim Helophoridae (5) i Hydrophilidae (2), dok su familije Halplidae, Hydraenidae i Elmidae predstavljene sa po jednom vrstom. U ukupnoj brojnosti (u zagradama je dat % od ukupnog broja sakupljenih jedinki) dominiraju vrste familija Dytiscidae (43.1%), Helophoridae (25.7%) i Hydrophilidae (24.95%), dok tri preostale familije: Elmidae (3%), Hydraenida (3%) i Halplidae (1%), čine manje od 10 % ukupnog broja sakupljenih jedinki.

Vrijednost Šenon-Viverovog indeksa varira u intervalu od 0.4741 u novembra do 2.245 u aprilu.

Najveća brojnost vodenih koleoptera nađena je kajem maja, kada dominiraju vrste *Hydroporus pubescens*, *Helophorus brevipalpis* i *H. montenegrinus*. Najmanja brojnost vodenih koleoptera u izvoru Pištet registrovana je krajem jeseni i u toku zimskog perioda (Slika 21). Dinamika brojnosti larvi vodenih koleoptera u izvoru pokazuje dva pika maksimuma brojnosti, krajem avgusta i krajem decembra.

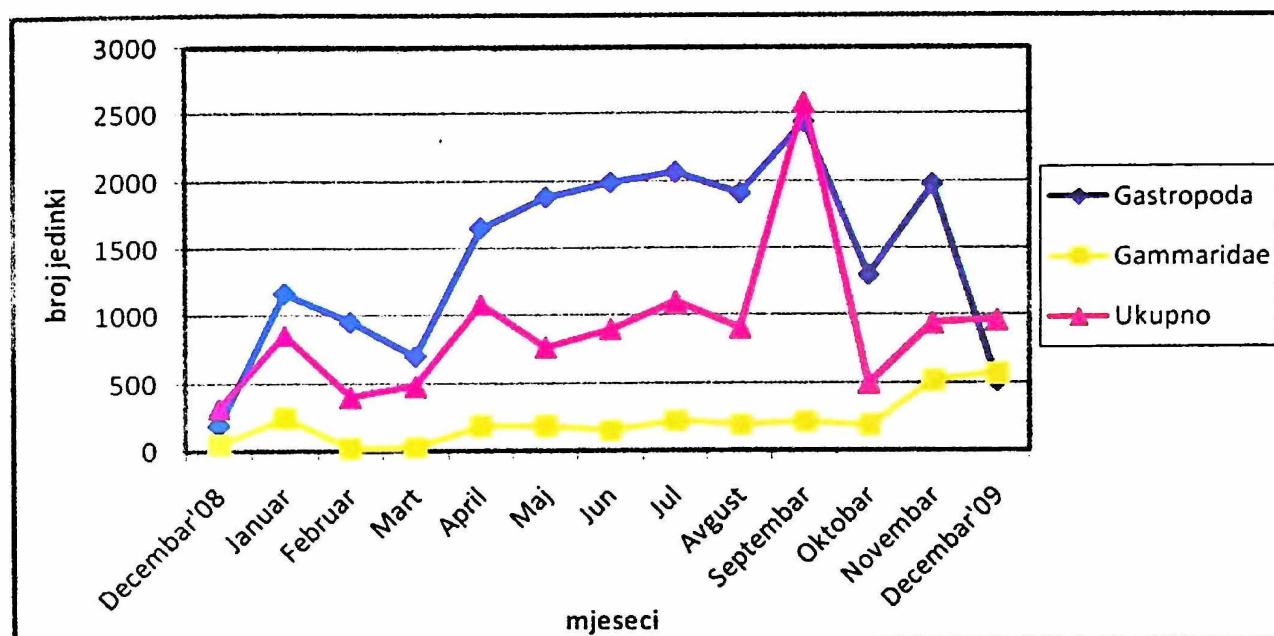


Slika 21. Sezonska dinamika adulta i larvi vodenih koleoptera u izvoru Pištet, u periodu od avgusta 2009. do avgusta 2010.

4.2.3. Sezonska dinamika zajednice vodenih makroinvertebrata sa posebnim osvrtom na akvatične koleoptere u kanalu Mareza

Kvalitativnom analizom zajednice vodenih makroinvertebrata u kanalu Mareza, sakupljeno je ukupno 33,324 jedinki iz 18 taksonomskih grupa. Spisak registrovanih taksona, uključujući podatke o broju sakupljenih jedinki dat je u tabeli 6.

dominiraju Gastropoda (56.19%), a zatim slijede Amphipoda (Gammaridae) (8.34%), Diptera (7.62%) i Coleoptera (6.10%), dok ostali taksoni učestvuju pojedinačno sa manje od 5% u ukupnom broju sakupljenih jedinki.



Slika 22. Sezonska dinamika ukupnog broja akvatičnih invertebrata, Gastropoda i Amphipoda u kanalu Mareza u periodu od decembra 2008. do decembra 2009.

Najveća brojnost makroinvertebratske zajednice u kanalu Mareza, registrovana je krajem septembra, sa manjim pikovima brojnosti u novembru i januaru, dok je najmanja brojnost registrovana u decembru 2008. godine. Gastropode dominiraju u svakom mjesecu i dinamika brojnosti gastropoda određuje dinamiku brojnosti čitave invertebratske zajednice (Slika 22). Sa druge strane, dinamika brojnosti Amphipoda, koje su u kanalu Mareza predstavljeni sa dvije vrste: *Laurogammarus scutariensis* i *Gammarus balcanicus*, pokazuje dva maksimuma brojnosti (novembar i decembar 2009. godine), dok je najmanja brojnost registrovana u februaru.

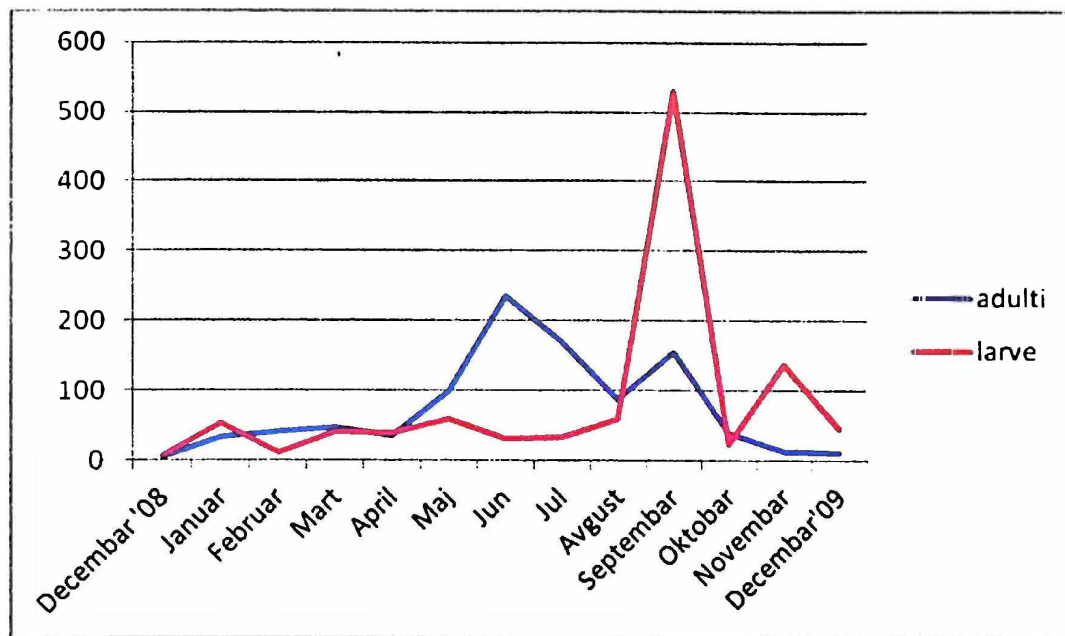
Kvalitativnom analizom zajednice vodenih koleoptera u kanalu Mareza, ukupno je sakupljeno 967 adultnih jedinki i 1066 larvi. Ukupno je identifikovano 29 vrsta vodenih koleoptera, iz osam familija: Haliplidae, Dytiscidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydrophilidae, Hydraenidae, Elmidae i Dryopidae. Spisak registrovanih taksona, uključujući podatke o njihovoj brojnosti dat je u tabeli 7.

ina registrovanih vrsta (u zagradama je dat broj vrsta) pripada familijama

...ano sa po jednom vrstom.

U ukupnoj brojnosti (u zagradama je dat % od ukupnog broja sakupljenih jedinki) dominiraju vrste porodica Hydrophilidae (35%), Dytiscidae (31%) i Hydraenidae (22%), dok ostatak preostalih porodica čine manje od 10% ukupnog broja sakupljenih jedinki. Najbrojnija vrsta je *Bidessus mulleri* sa 158 jedinki (16.3% od ukupnog broja sakupljenih adultnih jedinki).

Vrijednost Šenon-Viverovog indeksa varira u intervalu od 0.4043 u novembru, do 1.405 u julu.



Slika 23. Dinamika brojnosti adulta i larvi vodenih koleoptera u kanalu Mareza u periodu od decembra 2008. do decembra 2009.

Najveća brojnost vodenih koleoptera u kanalu Mareza nađena je krajem septembra, kad dominiraju vrste *Hydroglyphus geminus* i *Bidessus muelleri*, koje u ovom mjesecu čine 1.42% ukupnog broja sakupljenih adultnih jedinki. Najmanja brojnost vodenih koleoptera registrovana je u toku zimskog perioda (decembar-januar) (Slika 23).

Dinamika brojnosti larvi u kanalu Mareza pokazuje dva pika maksimuma brojnosti, jedan veći, krajem septembra, kad dostižu najveću brojnost i jedan manji pik, krajem novembra (Slika 23). Važno je napomenuti da larve čine više od 50% ukupnog broja sakupljenih jedinki u kanalu Mareza, tokom našeg istraživanja.

Uporednom kvalitativnom analizom taksonomskog sastava tri perenijalna staništa (donji tok potoka Rimanić, izvor Pištet i kanal Mareza), ustanovili smo da nema značajnih razlika u strukturi sastava makroinvertebratske zajednice, ali su nađene razlike u sezonskoj dominantnosti određenih taksona. Maksimalna brojnost makroinvertebratske zajednice u kanalu Mareza, registrovana je u septembru, u izvorišnoj otoci reokrenog izvora Pištet u julu, a u donjem toku potoka Rimanić u oktobru. Navedene razlike posledica su dominantnosti određenih taksona: Gastropoda i Amphipoda u kanalu Mareza i u izvoru Pištet, i Gastropoda i Diptera u donjem toku potoka Rimanić. Idući od heterogenijih (donji tok potoka Rimanić), ka relativno uniformnijim staništima (izvorišna otoka izvora Pištet i kanal Mareze), uočava se pomjeranje pika abudantnosti prema jesenjim mjesecima. Vrijednosti Šanon-Viverovog indeksa ne razlikuju se značajno između istraživanih lokaliteta i variraju od 1.125 u februaru do 2.022 u decembru u kanalu Mareza, 1.631 u oktobru do 2.1 u februaru u donjem toku potoka Rimanić, i od 0.4457 u avgustu do 1.773 u oktobru u izvoru Pištet.

Najveći broj vrsta vodenih koleoptera zabilježen je u kanalu Mareza (29 vrsta), dok su u donjem toku potoka Rimanić registrovane 22 vrste, a u izvorišnoj otoci izvora Pištet zabilježeno je 20 vrsta. Vrijednosti Šanon-Viverovog indeksa za zajednice vodenih koleoptera, nisu se značajno razlikovali između istraživanih lokaliteta i varirale su između 0.4043 (novembar) do 2.405 (jul) za kanal Mareza, od 0.55018 (februar) do 1.731 (april) za donji tok potoka Rimanić, i od 0.639 (januar) do 2.245 (april) u otoci izvora Pištet.

U zajednici vodenih koleoptera u donjem toku potoka Rimanić najbrojnija je familija Hydraenidae, koja doprinosi najvećoj brojnosti u junu i julu mjesecu, dok je najmanja brojnost vodenih koleoptera u donjem toku potoka Rimanić zabilježena u zimskim mjesecima. Po broju vrsta u donjem toku potoka Rimanić, dominira porodica Dytiscidae (7 vrsta). U izvoru Pištet, najveća brojnost vodenih koleoptera registrovana je u maju kad su dominantno prisutne Dytiscidae, dok je najmanja brojnost zabilježena u januaru. U kanalu Mareza imamo sasvim drugačiju situaciju: najveća brojnost vodenih koleoptera registrovana je u septembru, sa još jednim pikom brojnosti u junu, dok je najmanja brojnost registrovana u januaru. U ukupnoj brojnosti vodenih koleoptera u kanalu Mareza, dominira familija Hydrophilidae, dok je po broju vrsta najbrojnija familija Dytiscidae, koja je bila zastupljena sa 10 vrsta.

indeks za ova dva lokaliteta iznosi 0.47. Najmanja sličnost je nađena između kanala Mareza i donjeg toka potoka Rimanić (7 vrsta), koji imaju vrijednost Sorensenovog indeksa od 0.27. Ukupno šest vrsta koleoptera je zajedničko za sva tri perenijalna lokaliteta: *Haliplus lineatocollis*, *Agabus bipustulatus*, *Ilybius chalconatus*, *Helophorus brevipalpis*, *Anacaena limbata* i *Elmis bosnica*, što čini oko 8.45% od ukupnog broja koleoptera registrovanih na sva tri lokaliteta

Najmanja vrijednost Sorensenovog indeksa između kanala Mareza i druga dva tipa lokaliteta, objašnjava se razlikom u tipu supstrata, koja postoji između spomenutih lokaliteta. Vrste *Grapdodytes veterator*, *Enochrus nigrinus*, *Helochares lividus*, *Berosus luridus* i *Paracymus aeneus*, koje su isključivo nađene samo u kanalu Mareza, preferiraju muljeviti supstart, sa submerznom i emerznom vegetacijom, koji je dominantno prisutan u kanalu Mareza. Sa druge strane vrste: *Scarodytes halensis*, *Deronectes latus*, *Deronectes moestus inconsideratus*, *Agabus guttatus*, *Acilius sulcatus*, *Cybister lateralmarginalis* preferiraju pjeskovito-šljunkoviti supstrat, koji je zastupljen u izvoru Pištet i donjem toku potoka Rimanić.

4.2.5. Kvantitativna analiza plavnog sedimenta u periodičnom dijelu potoka Rimanić

Analizom plavnog sedimenta, sa tri istraživana lokaliteta u periodičnom dijelu potoka Rimanić, ukupno je sakupljeno 5,561 jedinki. Registrovano je ukupno 14 taksona. Spisak registrovanih taksona, uključujući podatke o broju sakupljenih jedinki (jedinki/7.5kg sedimenta) u plavnom sedimentu, dat je u tabeli 8.

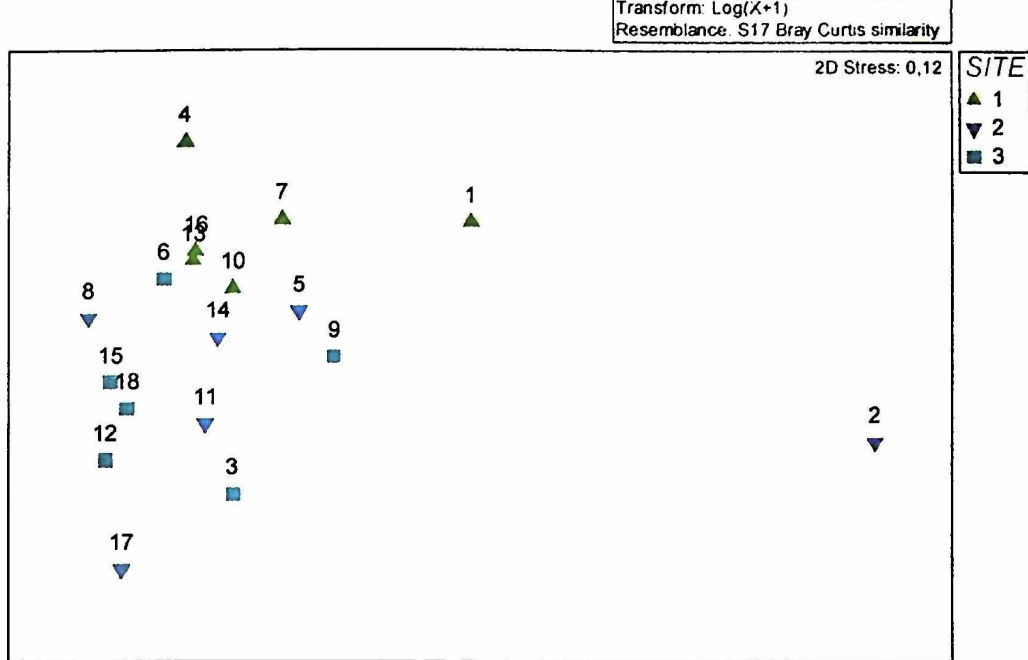
U ukupnom broju jedinki (u zagradaama je dat % od ukupnog broja izolovanih jedinki) izolovanih iz plavnog sedimenta, na sva tri istraživana lokaliteta dominiraju Ostracoda, koje čine 71.6% (3980 jedinki). Poslije Ostracoda slijede: Oribatide (7.03%) i Gastropoda (6.44%), dok predstavnici ostalih taksona pojedinačno učestvuju sa manje od 5%.

Šenon-Viverov indeks diverziteta nije se značajno razlikovao između lokaliteta i mjeseci uzorkovanja. Najveća vrijednost je zabilježena na lokalitetu 2 ($H = 1.732$) u julu, dok je najmanja vrijednost zabilježena na lokalitetu 1 ($H = 0.414$) u septembru, odnosno lokalitetu 2 ($H = 0.5853$), u avgustu.

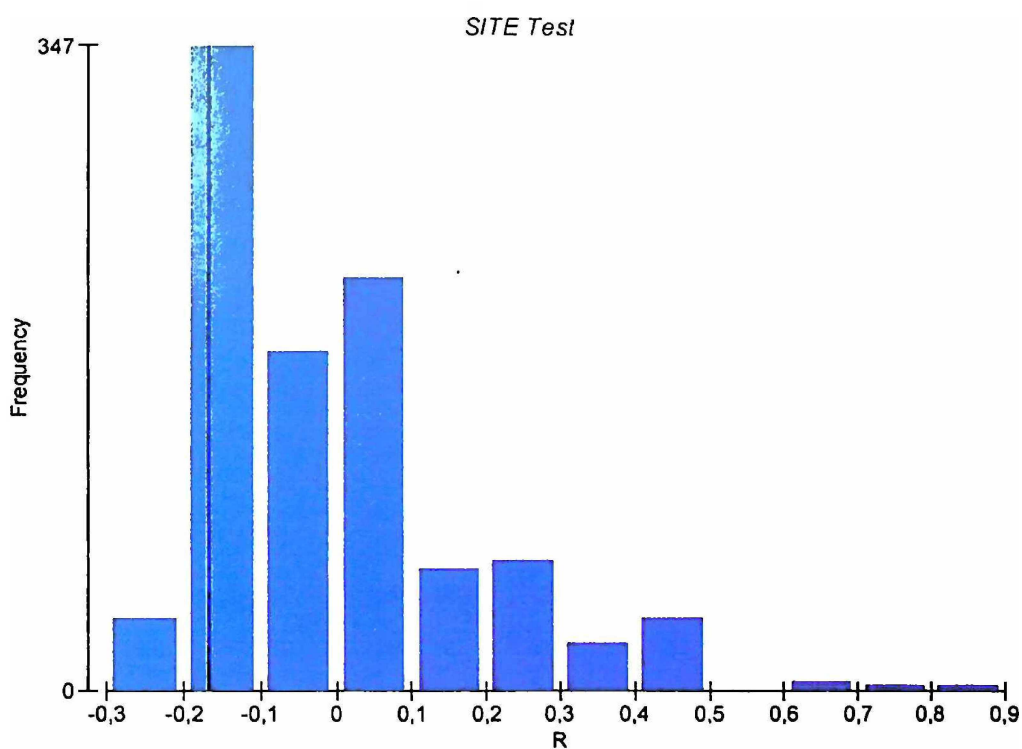
uzorkovanje ($Rho = 0.47$). Najveći broj jedinki izolovanih iz plavnog sedimenta na lokalitetima 1 i 2, nađen je u oktobru, na kraju sušnog perioda (gustina invertebrata iznosila je 608 i 723 po 7.5 kg sedimenta, respektivno), dok je najmanji broj izdvojen u avgustu 2009. godine. Nešto veći broj jedinki u sedimentu na lokalitetu 1 u avgustu 2010, vjerovatno je posledica drugačijih klimatskih i hidroloških prilika u periodu uzorkovanja i činjenice da je ovo mjesto najbliže perenijalnom dijelu potoka i izloženo značajno većim oscilacijama u zasićenosti sedimenta, nego što je slučaj sa druga dva lokaliteta.

Na lokalitetu 3, koji je najudaljeniji od perenijalnog dijela, najmanji broj jedinki sakupljen je u oktobru na kraju sušnog perioda, dok je najveći broj jedinki sakupljen u septembru (gustina invertebrata iznosila je 589 po 7.5 kg sedimenta).

Dinamika brojnosti Ostracoda određuje krivu dinamike brojnosti invertebrata u plavnom sedimentu (Slika 27). Najveće vrijednosti za Oribatide nađene su u Avgust 2010. godine (Slika 28). U istom periodu 2009. godine, oribatide su imale najmanju brojnost, što sugerše da je prisustvo oribatida značajno variralo u zavisnosti od lokalnih mikroklimatskih faktora ili faktora koji nijesu utvrđeni našom studijom.

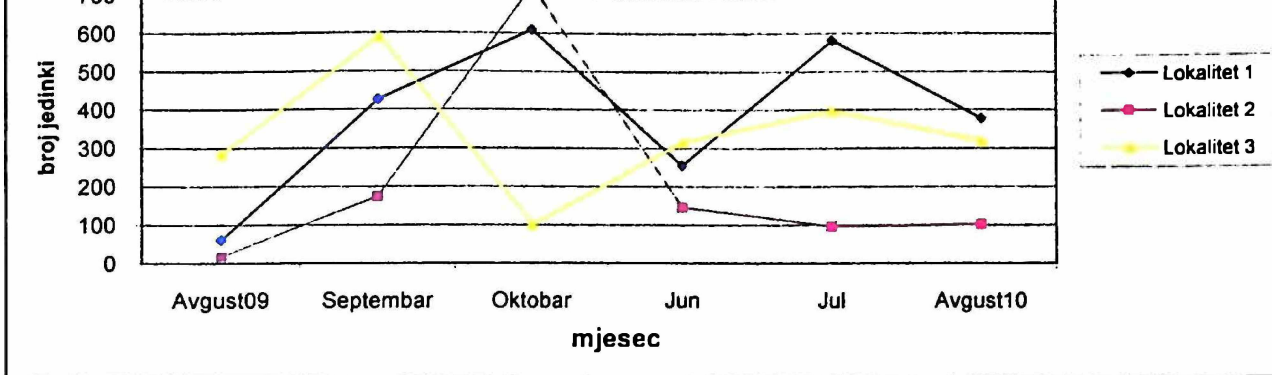


A.

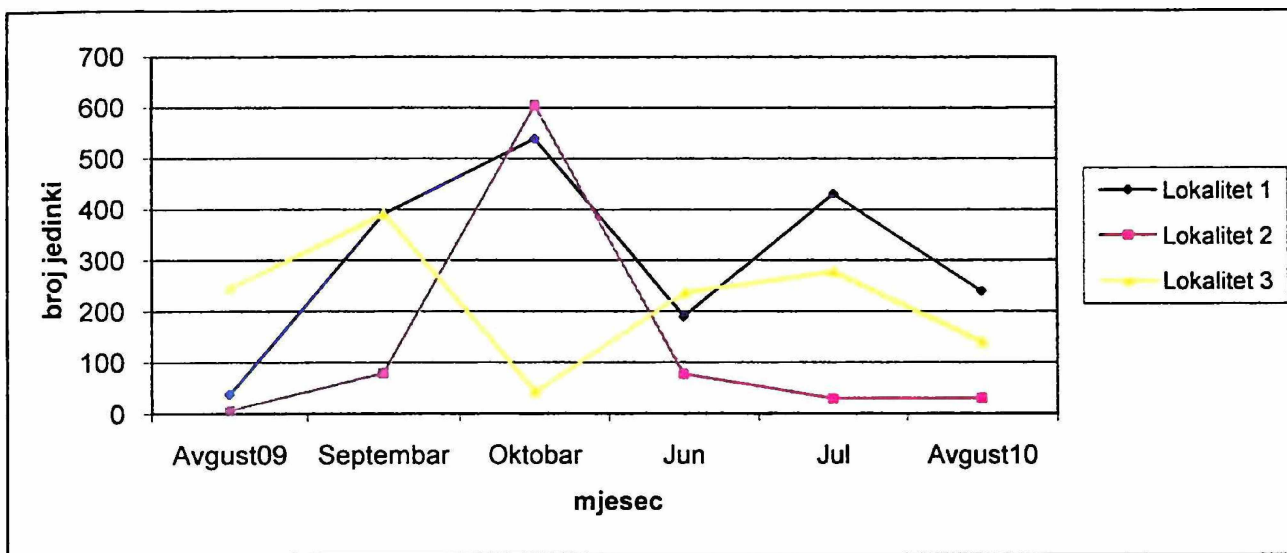


B.

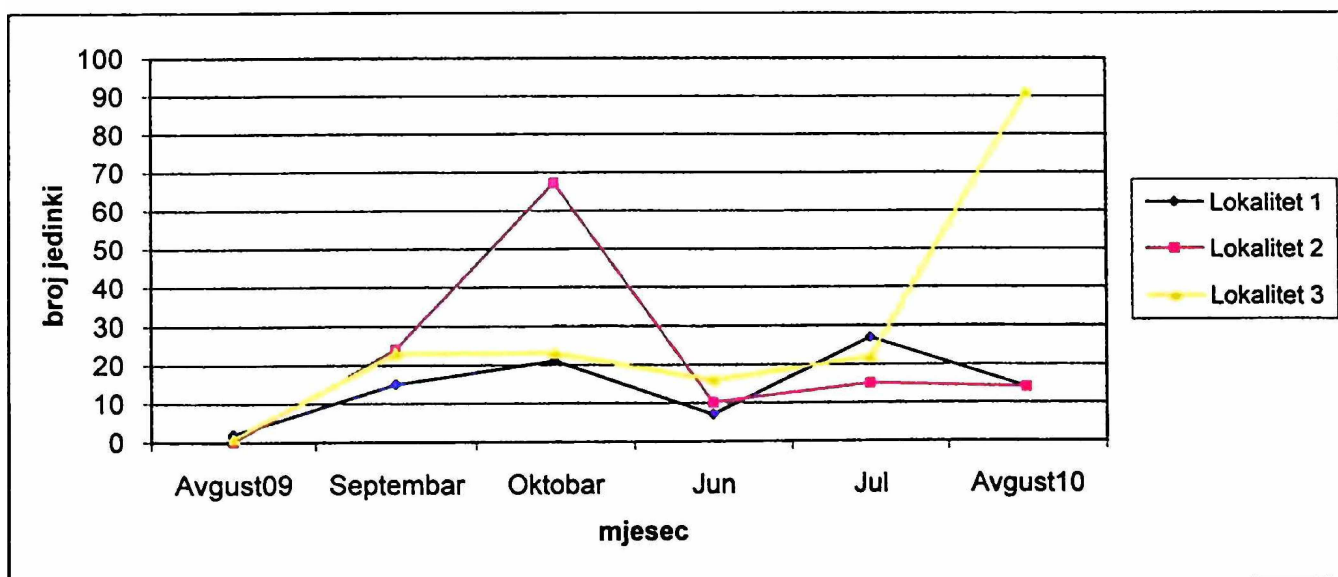
Slika 25. A. NMDS ordinacija uzoraka plavnog sedimenta u periodičnom dijelu potoka Rimanić po lokalitetima. B. Test za razlike između grupa lokaliteta (u okviru svih grupa datuma uzorkovanja). *Opšti Test*. Statistika analiziranog uzorka (R): -0.167. Nivo značajnosti statistike analiziranog uzorka: 96.1%. Broj permutacija: 999 (Slučajni uzorak). Broj permutovanih statistika većih ili jednak R : 960



Slika 26. Ukupan broj jedinki izolovanih iz plavnog sedimenta na istraživanim lokalitetima u periodičnom dijelu potoka Rimanić



Slika 27. Dinamika brojnosti Ostracoda izolovanih iz plavnog sedimenta na istraživanim lokalitetima u periodičnom dijelu potoka Rimanić



Slika 28. Dinamika brojnosti Oribatida izolovanih iz plavnog sedimenta na istraživanim lokalitetima u periodičnom dijelu potoka Rimanić

Glavni cilj proučavanja periodičnog dijela potoka Rimanić bio je da pokušamo da objasnimo i razumijemo promjene u strukturi zajednica invertebrata i zajednica vodenih koleoptera, koje se dešavaju između vlažnog i suvog perioda. Plavljenje predhodno suvog potoka, može izazvati ekološke "vruće trenutke" (McKnight i sar. 1999, Stanley i sar. 2004) za lokalnu zajednicu. Za kopnene beskičmenjake koji koloniziraju efemerno korito potoka u toku sušnog perioda, poplava utiče na način da direktno ubija neke jedinke, dok druge tjera da migriraju ili da pređu u stadijume koji su rezistentni na poplave (Tamm 1984). Određeni broj studija je pokazao da odgovor beskičmenjaka na plavljenje, zavisi od trajanja sušne faze (Boulton 2003). Sušni period koji je duži od dužine generacije beskičmenjaka će redukovati efikasnost adaptivnih sposobnosti, kao što su ukopavanje dublje u sediment i reproduktivnu plastičnost (Boulton 2003). Ostala svojstva, uključujući rezistentna jaja, lutke, ciste i korištenje atmosferskog kiseonika, dopuštaju nekim vodenim beskičmenjacima da prežive produženi sušni period (Williams 1996, Brock i sar. 2003). Sa druge strane, osobine kao što su disanje i prisustvo plastrona, kao i jaja koja su otporna na vodu, omogućavaju i nekim kopnenim beskičmenjacima da se odupru poplavama (Adis i Junk 2002). Razlike u otpornosti prema sušenju i plavljenju između vrsta, vjerovatno da će dovesti do promjene u sastavu zajednica, u zavisnosti od dužine hidroperioda.

Pa ipak, relativno je malo studija koje su se bavile odgovorom ekosistema i makroinvertebratske zajednice na variranja hidroperioda u periodičnom dijelu potoka. Suvi djelovi u periodičnim (efemernim) potocima najčešće se opisuju kao "biološki neaktivni" (Stanley i sur. 1997), ali to je netačno. Protok energije, hranjivih materija, trofičke interakcije i biološke sukcesije, nastavljaju se i u suvim djelovima, iako dominiraju drugačije vrste i biogeohemijski putevi, nego što je to slučaj sa zasićenim sedimentom (npr. Boulton 1991, Jacobson i sar. 2000b). Štaviše, neki beskičmenjaci koji su uobičajeni u tekućoj vodi mogu ostati duže vrijeme u suvom sedimentu potoka i rekolonizovati ga odmah po uspostavljanju toka (Brock i sar. 2003, Tronstadt i sar. 2005). Početak toka, koji je simuliran našim eksperimentom sa plavljenjem sedimenta, doveo je do pojave vodenih beskičmenjaka u svim uzorcima. Može se pretpostaviti da se ovi beskičmenjaci sastoje od vrsta taksona, koji su rezistentni na sušenje, ali i od manjeg broja vrsta osjetljivih na sušenje i koje su preživjele kratki sušni period. Vodeni beskičmenjaci u suvom riječnom sedimentu, mogu biti izloženi

Grupa taksona osjetljivih na sušenje u potoku Rimanić, predstavljena je sa taksonima kao što su: Hirudinea, Gammaridae, Odonata itd. Ovi taksoni odgovaraju na površinsko sušenje ukopavanjem dublje, u zasićenu zonu ispod površine. Zajednica, koja se sastoji od taksona otpornih na sušenje i koja se pojavljuje u plavnom sedimentu poslije dužeg sušnog perioda, predstavljena je u prvom redu sa ostrakodama i u manjoj brojnosti sa oribatidama, kao i sa manjim brojem insekatskih taksona. Za ostrakode je poznato da formiraju stadijume, koji su rezistentni na sušenje (Dahms 1995). Ostali akvatični taksoni mogu da prežive sušni period kao aktivne larve. Na primjer, hironomide (Chironomidae) iz subfamilija Orthoclaadiinae i Chironominae su aktivne larve, koje se često klasifikuju kao tolerantne na isušivanje (npr., Tronstad i sar. 2005) i ove hironomide su bile prisutne i u našem uzorku. Sa druge strane, neke hironomide u efemernim uslovima ulaze u anhidrobiozu (Kikawada i sar. 2005) i nije jasno da li su aktivne kao larve (Larned 2007).

Rezultati naše studije pokazali su da između istraživanih lokaliteta, u periodičnom dijelu potoka Rimanić, ne postoje značajne razlike u strukturi makroinvertebratske zajednice izolovane iz plavnog sedimenta, što pokazuje da udaljenost od perenijalnog dijela u toku sušnog perioda ne utiče značajno na sastav zajednice, koja se pojavljuje u plavnom sedimentu poslije dužeg sušnog perioda. Sa druge strane, rezultati su pokazali da postoje značajne razlike u strukturi makroinvertebratske zajednice izolovane iz plavnog sedimenta u odnosu na periode uzorkovanja.

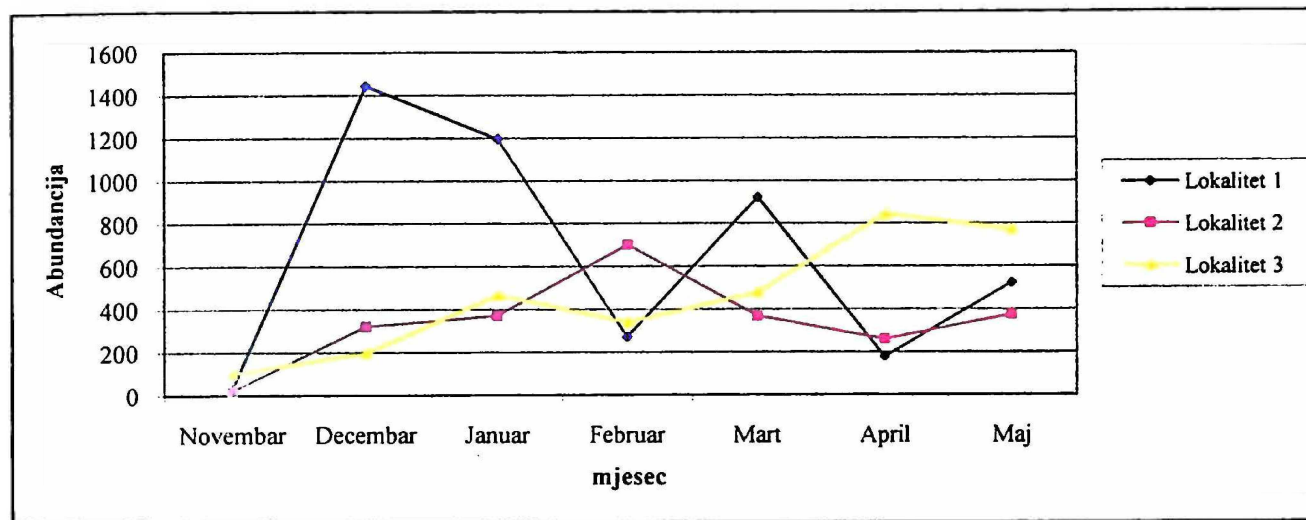
4.2.7. Sezonska dinamika invertebratske zajednice u periodičnom dijelu potoka Rimanić

Kvantitativnom analizom makroinvertebratske zajednice na tri lokaliteta, u periodičnom dijelu potoka Rimanić, sakupljeno je ukupno 14,527 jedinki. Ukupno je registrovano 19 taksona. Spisak registrovanih taksona, uključujući podatke o njihovoj gustini (jedinke/m²), dat je u tabeli 9.

U invertebratskoj zajednici na tri lokaliteta, u periodičnom dijelu potoka Rimanić, dominiraju Ostracoda, Plecoptera i Simulidae (Diptera). Ove tri grupe čine skoro pola (49.40%) od ukupnog broja sakupljenih jedinki na istraživanim lokalitetima, dok su preostali taksoni pojedinačno predstavljeni sa manje od 10%. Međutim, procentualno učešće

kao i između različitih mjeseci.

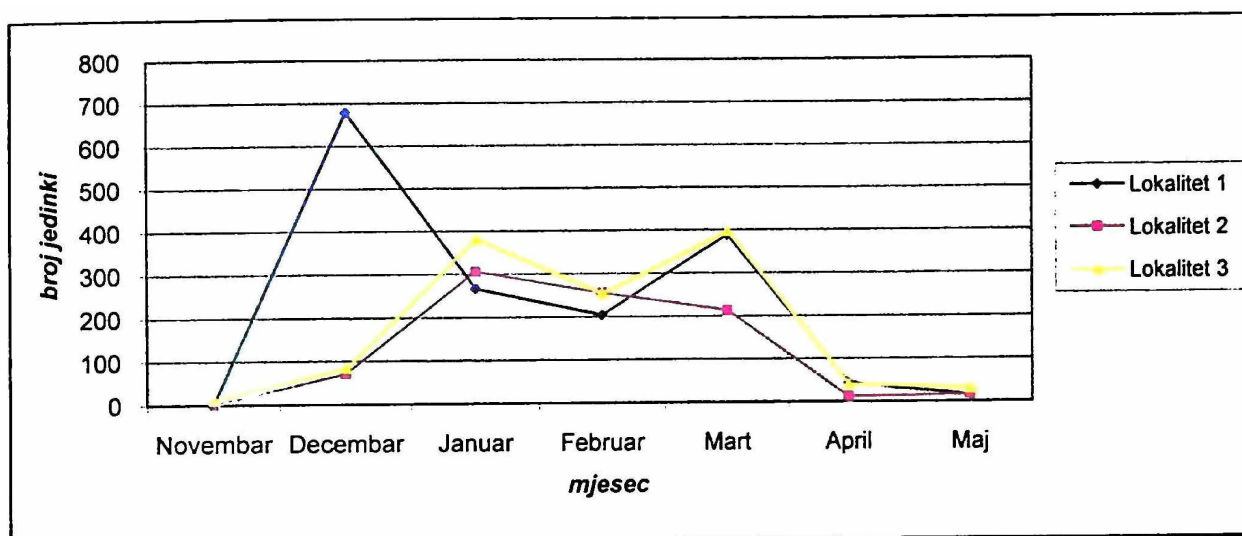
Šenon-Viverov indeks diverziteta nije se značajno razlikovao između lokaliteta, i varirao je između 1.169-2.687 na lokalitetu 1, 0.9265-2.542 na lokalitetu 2 i 0.935-2.627 na lokalitetu 3. Na sva tri lokaliteta najveće vrijednosti Šenon-Viverovog indeksa su zabilježene u maju mjesecu, a najmanje na: lokalitetu 1 u februaru, lokalitetu 2 u januaru, a lokalitetu 3 u martu mjesecu.



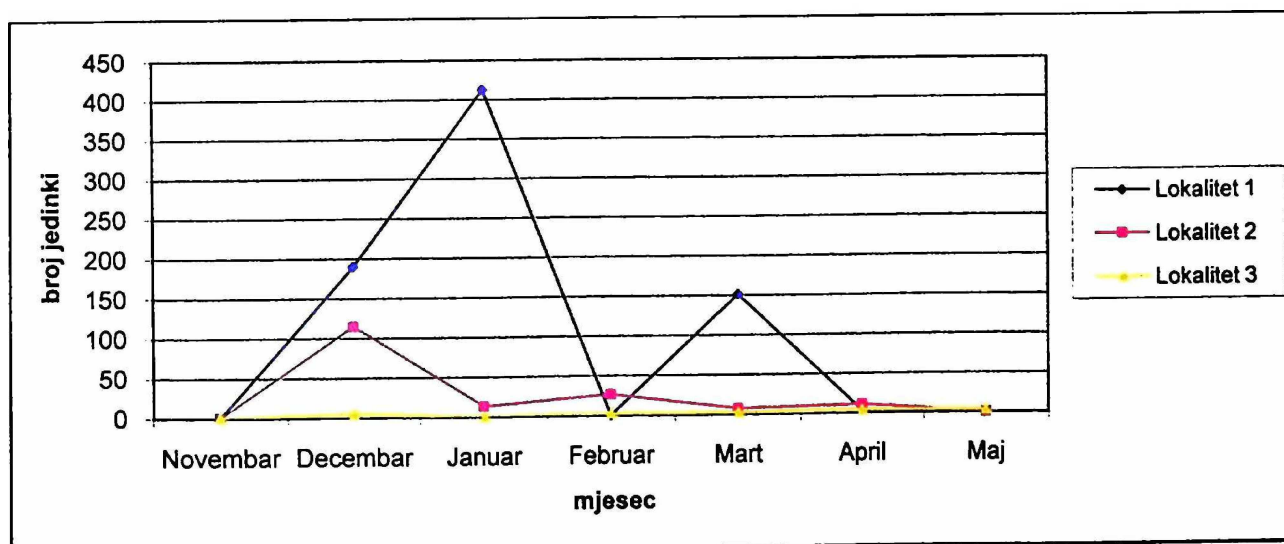
Slika 29. Dinamika abundancije (jedinki/m²) invertibratske zajednice u periodičnom dijelu potoka Rimanić u toku vlažnog perioda (novembar 2009-maj 2010.)

NMDS ordinacija je pokazala da ne postoje značajne razlike u strukturi makroinvertibratske zajednice između lokaliteta ($Rho = 0$), ali je pokazala razlike u odnosu na periode kad je urađeno uzorkovanje ($Rho = 0.596$). Na lokalitetu 1 koji je najbliži perenijalnom dijela potoka, bentoska invertibratska zajednica je imala najveću vrijednost abundancije dva mjeseca po uspostavljanju toka u periodičnom dijelu, u decembru (1445 jedinki/m²) i januaru (1197 jedinki/m²). Najmanja vrijednost abundancije registrovana je u prvom mjesecu po uspostavljanju toka u periodičnom dijelu, sa vrijednošću od samo 24.76 jedinki/m². Na lokalitetu 2, najveća vrijednost abundancije makroinvertibratske zajednice registrovana je u februaru (700 jedinki/m²), od prilike sredinom vlažnog perioda periodičnog dijela potoka Rimanić. Najmanja vrijednost abundancije, kao i u slučaju lokaliteta 1, registrovana je u prvom mjesecu po uspostavljanju toka u periodičnom dijelu, sa vrijednošću od samo 18.09 jedinki/m².

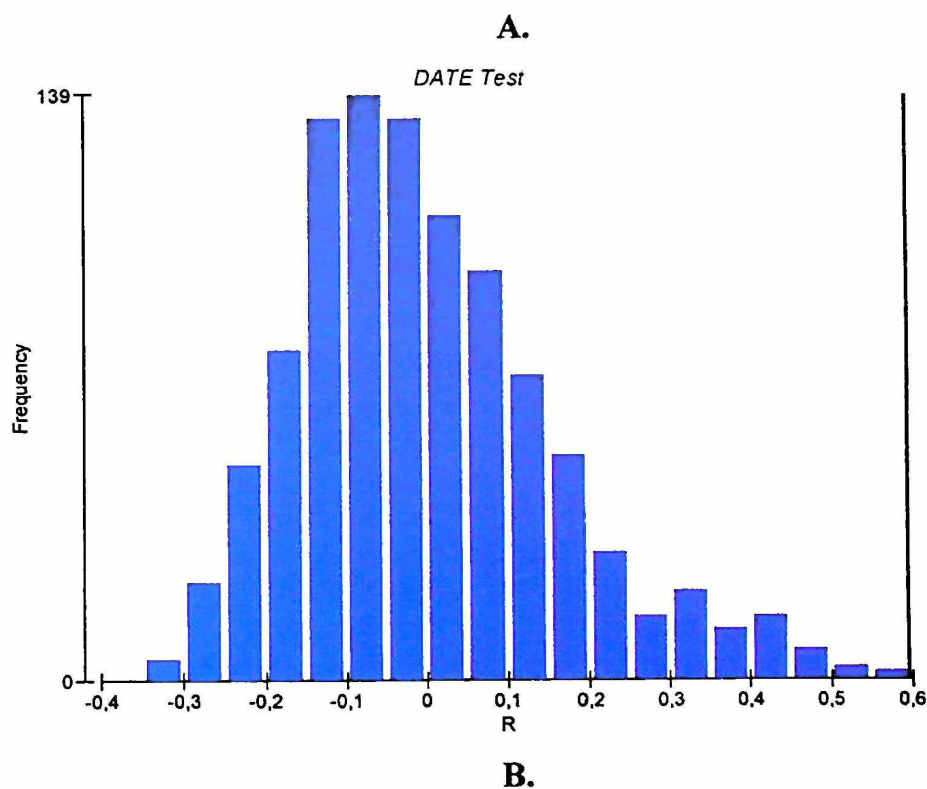
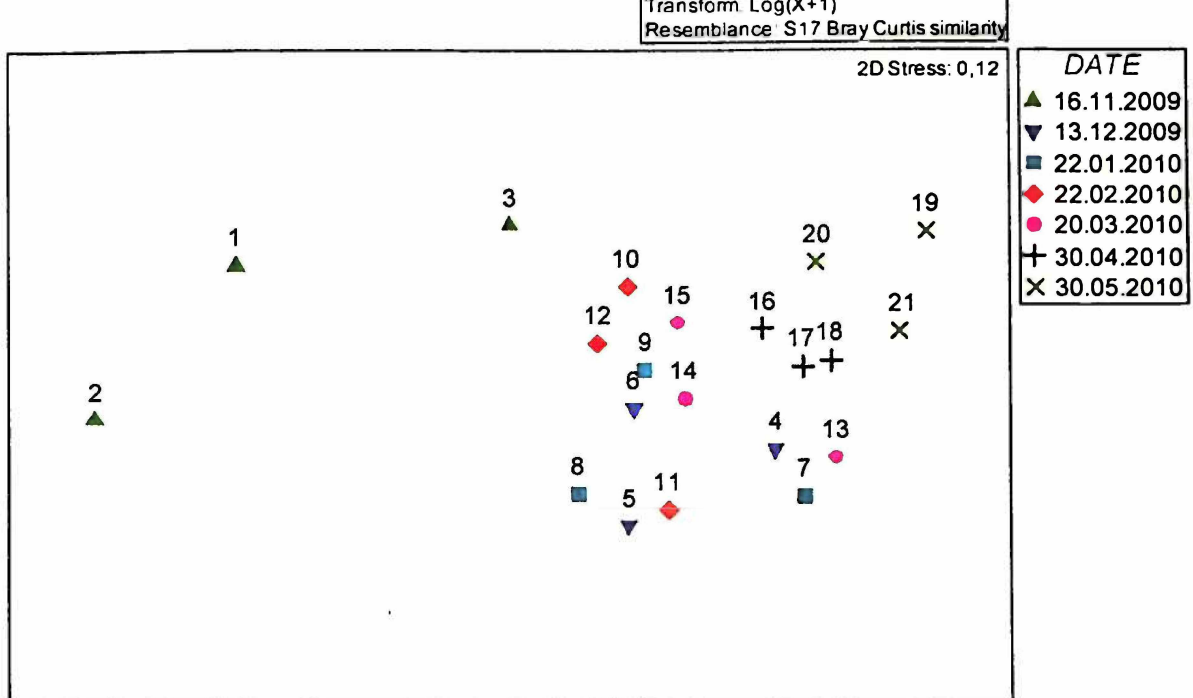
registrovana je u proljećnom periodu, u aprilu ($841.9 \text{ jedinki/m}^2$) i maju ($769.5 \text{ jedinki/m}^2$). Najmanja vrijednost abundancije, kao i u slučaju lokaliteta 1, registrovana je u prvom mjesecu po uspostavljanju toka u periodičnom dijelu, sa vrijednošću od samo 98.9 jedinki/m^2 .



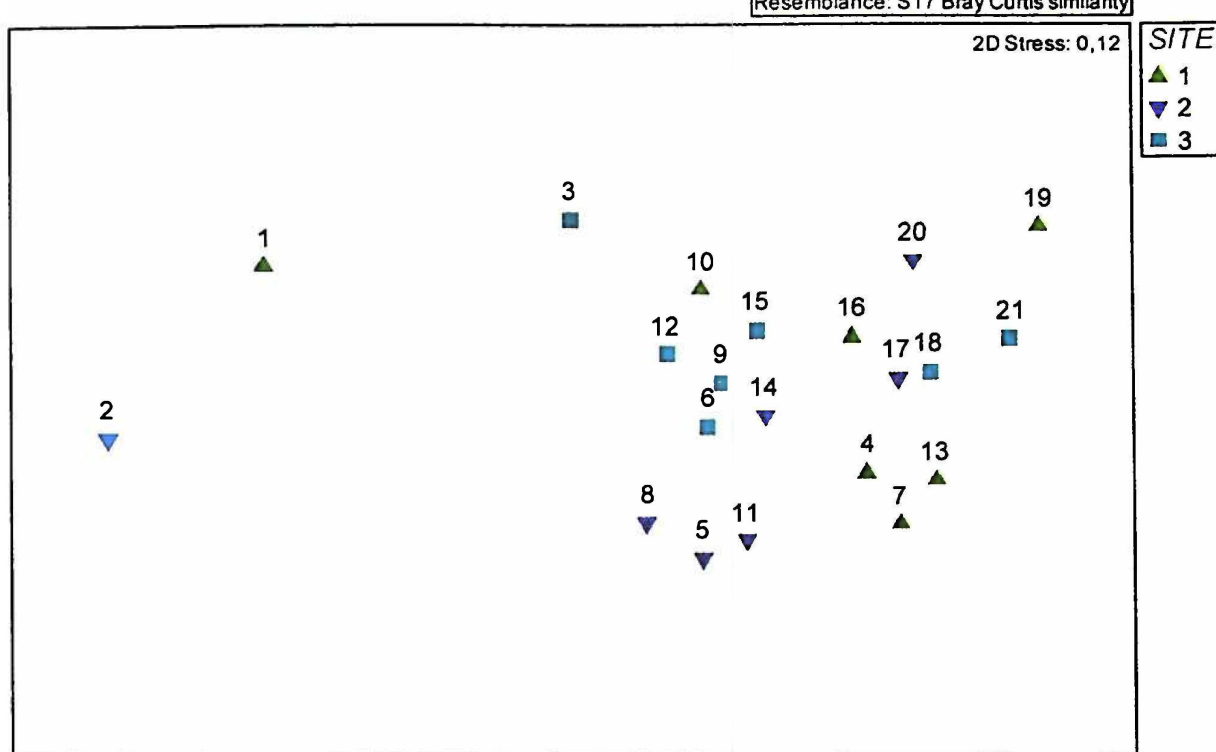
Slika 30. Dnamika abundancije (jedinki/m^2) ostrakoda (Ostracoda) u periodičnom dijelu potoka Rimanić u toku vlažnog perioda (novembar 2009-maj 2010.)



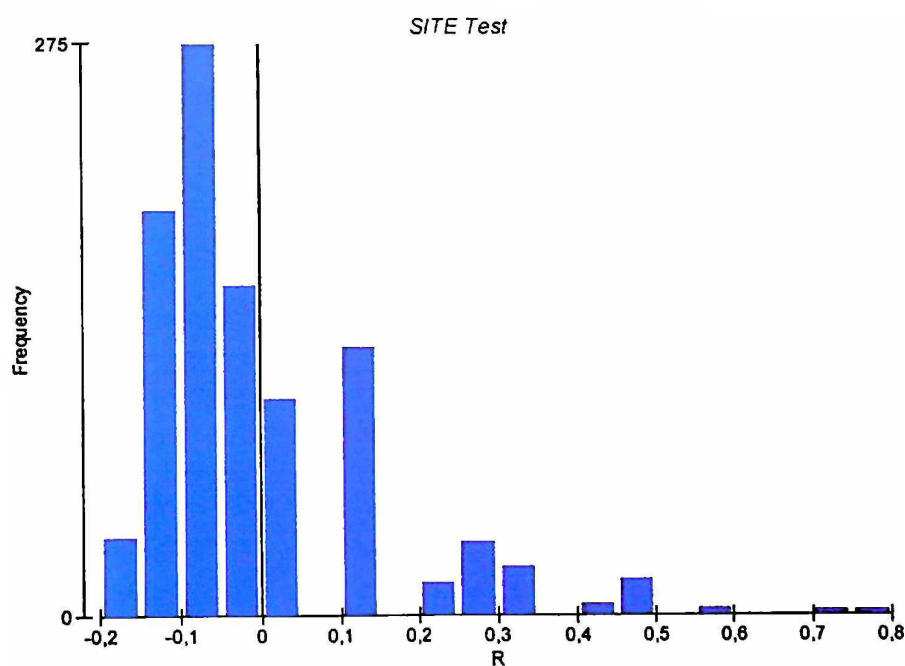
Slika 31. Dinamika abundancije (jedinki/m^2) plekoptera (Plecoptera) u periodičnom dijelu potoka Rimanić u toku vlažnog perioda (novembar 2009-maj 2010.)



Slika 32. A. NMDS ordinacija kvantitativnih uzoraka akvatičnih invertebrata u periodičnom dijelu potoka Rimanić po datumima uzorkovanja. B. Test za razlike između grupa perioda uzorkovanja (u okviru svih grupa *lokaliteta*). *Opšti Test*. Statistika analiziranog uzorka (Rho): 0.596. Nivo značajnosti statistike analiziranog uzorka: 0.1%. Broj permutacija: 999 (Slučajni uzorak). Broj permutovanih statistika većih ili jednak Rho: 0



A.



B.

Slika 33. A NMDS ordinacija kvantitativnih uzoraka akvatičnih invertebrata u periodičnom dijelu potoka Rimanić po lokalitetima. B. Test za razlike između grupa lokaliteta (u okviru svih grupa *datuma uzorkovanja*). *Opšti Test*. Statistika analiziranog uzorka (Rho): 0. Nivo značajnosti statistike analiziranog uzorka: 49,4%. Broj permutacija: 999 (Slučajni uzorak). Broj permutovanih statistika većih ili jednak Rho: 493

sakupljenih jedinki) na lokalitetu 1, dva mjeseca po uspostavljanju toka u periodičnom dijelu, što sugerirše na potreban period za rekolonizaciju. Na lokalitetima 2 i 3, najveći broj jedinki sakupljen je mjesec dana kasnije, u januaru. Po dostizanju maksimalne vrijednosti, brojnost ostrakoda na svim istraživanim lokalitetima, pokazuje jasnu tendenciju pada brojnosti, sa najmanjim vrijednostima pri kraju vlažnog perioda (Maj) (Slika 30). Dinamiku brojnosti kopepoda (Copepoda), prate ostrakode (Ostracoda) i najveći broj je nađen takođe u decembru na lokalitetu 1. Sa povećanjem udaljenosti od perenijalnog dijela, brojnost Copepoda opada i najmanja brojnost je registrovana na lokalitetima 2 i 3.

Brojnost Plecoptera je najveća na lokalitetu 1 (> 50% od ukupnog broja sakupljenih adultnih individua), dok je najmanja brojnost na lokalitetima 2 i 3, gdje izostaju od februara pa do kraja vlažnog perioda. Na lokalitetu 1 najveći broj jedinki sakupljen je krajem januara, dok je na lokalitetu 2, najveći broj sakupljen u decembru, dva mjeseca po uspostavljanju toka u periodičnom dijelu (Slika 31). U ovom periodu plekoptere (Plecoptera) čine osnovnu masu akvatične invertebratske zajednice na lokalitetu 2, poslije čega dolazi do pada brojnosti sa minimumom brojnosti u maju. Na lokalitetu 3, učešće Plecoptera u ukupnoj invertebratskoj zajednici je malo i one su samo sporadično prisutne.

Simulidae (Diptera) prate Plecoptere i najveći broj je nađen takođe u decembru na lokalitetu 1. Sa povećanjem udaljenosti od perenijalnog dijela, brojnost simulida opada i najmanja brojnost je registrovana na lokalitetima 2 i 3. Brojnost simulida na lokalitetu 1 opada od kraja januara do kraja vlažnog perioda.

4.2.7.1. Sezonska dinamika zajednice vodenih koleoptera u periodičnom dijelu potoka Rimanić

Kvantitativnom analizom zajednice vodenih koleoptera na tri istraživana lokaliteta u periodičnom dijelu potoka Rimanić, ukupno je sakupljeno 582 adultnih jedinki i 47 larvi. Ukupno je identifikovano četrnaest vrsta vodenih koleoptera, iz četiri familije: Dytiscidae, Helophoridae, Hydrophilidae i Hydraenidae.

Spisak registrovanih taksona vodenih koleoptera u periodičnom dijelu potoka Rimanić, uključujući podatke o njihovoj gustini (jedinki/m²), dat je u tabeli 10.

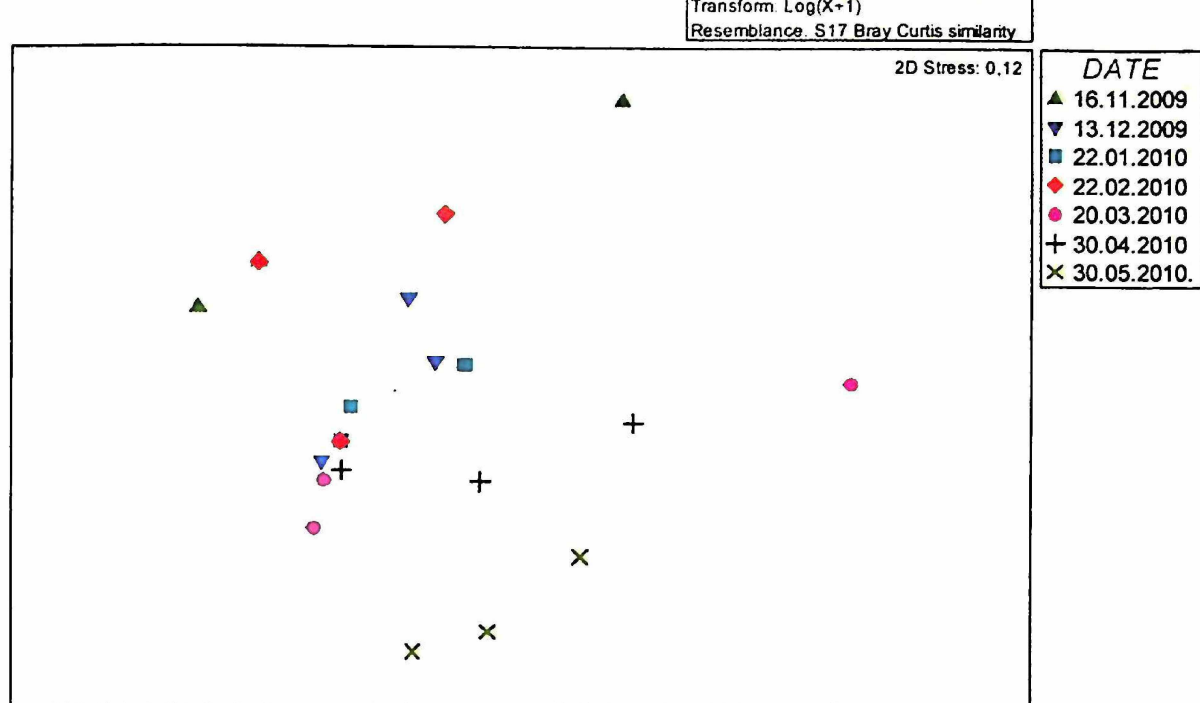
U ukupnoj brojnosti (u zagradama je dat % od ukupnog broja sakupljenih jedinki) vodenih koleoptera na tri istraživana lokaliteta, u periodičnom dijelu potoka Rimanić,

Većina registrovanih vrsta (u zagradaama je dat broj vrsta) pripadaju familijama Dytiscidae (5) i Hydraenidae (4), zatim slijede Helophoridae (3) i Hydrophilidae (2). Familija Dytiscidae je predstavljena sa pet reofilnih-reobiontnih vrsta: *Hydroporus pubescens*, *Deronectes moestus inconspectus*, *Scarodites halensis*, *Agabus guttatus* i *Ilybius chalconatus*. Oni se srijeću povremeno u malom broju i uglavnom su bile prisutne na lokalitetu 3, u aprilu i maju (Tabela 10). Jedine zabilježene vrste iz porodice Hydrophilidae su: *Anacaena limbata* i *Laccobius obscuratus*, koje su rijetko nalažene na istraživanim lokalitetima i javljaju se tek krajem proljeća. Familija Helophoridae je predstavljena sa tri vrste, od kojih su *Helophorus brevipalpis levantinus* i *H. Montenegrinus* bile relativno brojne, ali prisutne uglavnom u kasno proljeće (Maj). Familija Hydraenidae je predstavljena sa dva roda: *Hydraena* (3 vrste) i *Limnebius* (1 vrsta). Vrsta *Hydraena nigrita* je bila dominantna, sretala se na svim lokalitetima tokom cijelog perioda uzorkovanja (gotovo u svim mjesecima), u najvećem broju. Druge dvije vrste roda *Hydraena*, pronalažene su u izrazito malom broju u poređenju sa vrstom *Hydraena nigrita*.

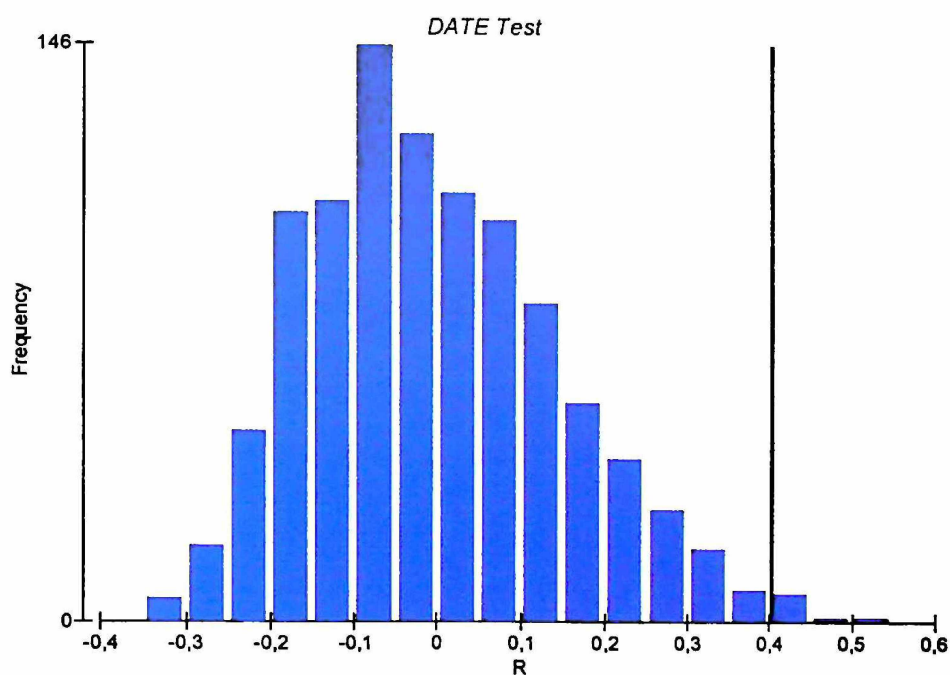
Jedan dio sakupljenog materijala je bio sastavljen od različitih instars larvi, uglavnom ditiscida (80.85% od ukupnog broja larvi). Larve su bile nalažene na lokalitetima 2 i 3, dok su bile odsutne na lokalitetu 1. Najveći broj larvi je sakupljen krajem proljeća (38.3% od ukupnog broja sakupljenih larvi).

Šenon-Viverov indeks diverziteta nije se značajno razlikovao između lokaliteta. Najveće bogatstvo vrsta je zabilježeno na lokalitetu 2 (9 vrsta, $H = 1.732$). Nasuprot tome, nešto manji broj taksona je zabilježen na lokalitetu 1 (8 vrsta, $H = 1.507$) i lokalitetu 3 (8 vrsta, $H = 1.430$).

Bogatstvo vrsta na svim lokalitetima je najveće u kasno proljeće, zbog prisustva nekoliko vrsta koje se uglavnom pojavljuju u toj sezoni (*Hydroporus pubescens*, *Deronectes moestus inconspectus*, *Ilybius chalconatus*, *Helophorus brevipalpis levantinus*, *H. montenegrinus*, *H. obscures obscures*, *Anacaena limbata*, *Laccobius obscuratus*).

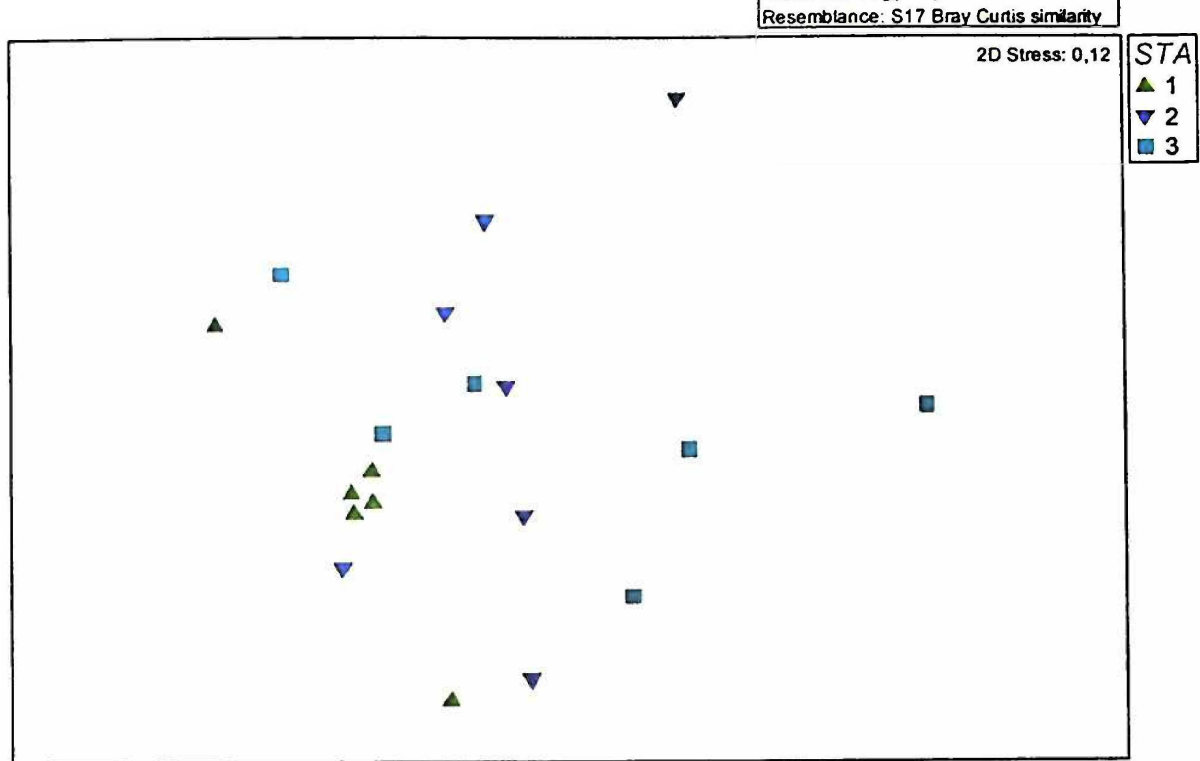


A.

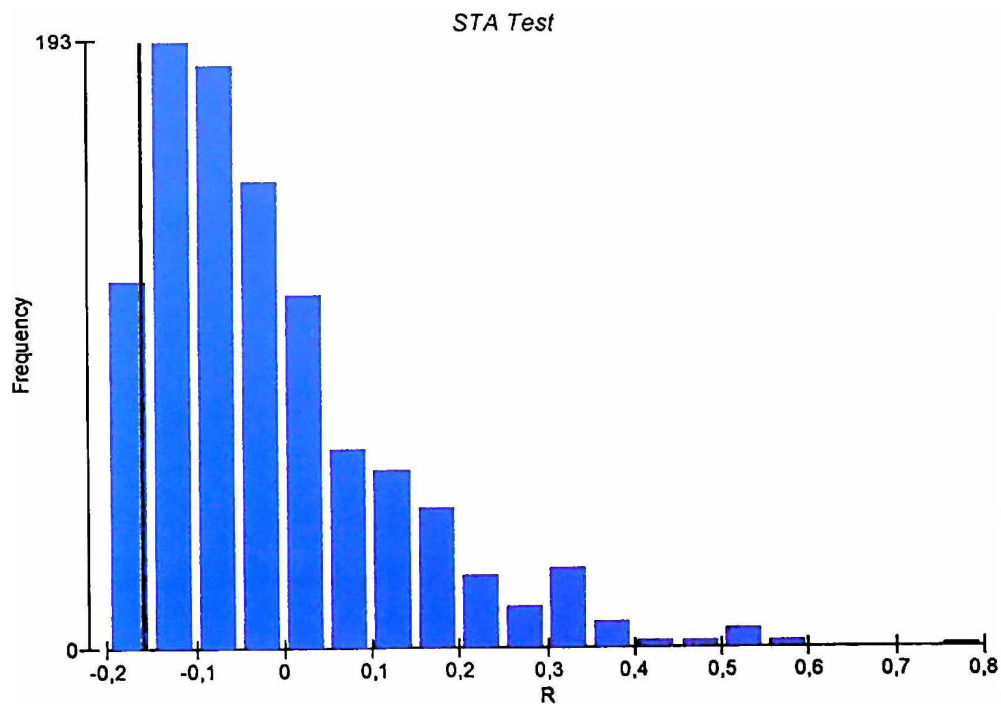


B.

Slika 34. A. NMDS ordinacija kvantitativnih uzoraka akvatičnih koleoptera u periodičnom dijelu potoka Rimanić po datumima uzorkovanja. B. Test za razlike između grupa perioda uzorkovanja (u okviru svih grupa *lokaliteta*). *Opšti Test*. Statistika analiziranog uzorka (Rho): 0.403. Nivo značajnosti statistike analiziranog uzorka: 0.8%. Broj permutacija: 999 (Slučajni uzorak). Broj permutovanih statistika većih ili jednak Rho: 7



A.



B.

Slika 35. A. NMDS ordinacija kvantitativnih uzoraka akvatičnih koleoptera u periodičnom toku potoka Rimanić po istraživanim lokalitetima (1-3). B. Test za razlike između grupa lokaliteta (u okviru svih grupa *datuma uzorkovanja*). *Opšti Test*. Statistika analiziranog uzorka (Rho): - 0.16. Nivo značajnosti statistike analiziranog uzorka: 99%. Broj permutacija: 999 (91. Kolmogorov-Smirnov). Broj permutacija statistike većih ili jednak Rho: 989

akvatičnih koleoptera, između istraživanih lokaliteta u periodičnom dijelu potoka Rimanić ($Rho = -0.16$), ali je pokazala razlike u odnosu na periode kada je urađeno uzorkovanje ($Rho = 0.403$). Najveća abundantnost adultnih vodenih koleoptera (238.05 ind/m^2) registrovana je na lokalitetu 1, koji je najbliži perenijalnom dijelu. Nasuprot tome najmanja abundantnost je nađena na lokalitetu 3 (148.54 ind/m^2). Na svim lokalitetima uočena je jasna tendencija povećanja ukupne abundantnosti od kasne jeseni do proljeća.

Procenat larvi raste sa porastom DP (udaljenost od perenijalnog dijela potoka), sa 0.4% na lokalitetu koji je najbliži perenijalnom dijelu (lokalitet 1), do 23% na lokalitetu koji je najviše udaljen (lokalitet 3).

4.2.8. Ekološka analiza invertebratske zajednice u periodičnom dijelu potoka Rimanić sa posebnim osvrtom na vodene koleoptere

Mediterranske potoke karakteriše širok spektar fizičkih uslova, uključujući poplave i suše (Pires i sar. 1999). Periodični potoci presušuju periodično i karakteriše ih veća učestalost i varijabilnost poremećaja. Suše se u tim sezonskim potocima mogu smatrati kao predvidljiv poremećaj i prema tome razvoj akvatične invertebratske zajednice, u takvom "tipu potoka" je sezonski i predvidljiv.

Iako su dostupni radovi o uticaju suše na faunu potoka relativno rijetki (npr. Iverson i sar. 1978, Extence 1981), određene analize potvrđuju da suša može prouzrokovati značajne promjene u akvatičnim ekosistemima (Cowx i sar. 1984), kao i da veličina tih promjena zavisi od stepena i trajanja sušnog perioda. Delucchi (1987) smatra da trajanje i intenzitet sušnog perioda može biti važan faktor u određivanju da li vrsta, koja se normalno nalazi u perenijalnim (stalnim) staništima, takođe može opstati i u efemernim staništima. Četiri potencijalna mehanizma ponovne kolonizacije u efemernom dijelu periodičnih potoka su predložena (Williams i Hynes 1976): ovipozicija, drift nizvodno, uzvodne migracije i migracije, u i iz supstrata. U našem slučaju, u procesu ponovne kolonizacije suvog dijela periodičnog dijela potoka Rimanić, izgleda da dominiraju taksoni koji imaju sposobnost drifta ili migriraju iz perenijalnog dijela potoka, koji se nalazi nizvodno.

Uprkos načinu ponovne kolonizacije, naša analiza je pokazala da se invertebratska fauna na proučavanim lokalitetima oporavljala sporo od uticaja sušnog perioda, kako u pogledu ukupne abundance tako i u bogatstvu taksona. To je vjerovatno zato što efemerni uslovi tokom suše uzrokuju smanjenje u bogatstvu vrsta, kao što je to već dokazano za

Nakon što su uslovi prije poremećaja ponovo uspostavljeni, postoji tendencija ka povećanju broja taksona (Boulton i Lake 1992), što je dokazano i našom studijom. Dominantnost samo nekoliko grupa je zajednička odlika makroinvertebratskih zajednica u početnim fazama procesa rekolonizacije (Ladle i sar. 1980). Ovi pionirski taksoni su sposobni da opstanu u vlažnom sedimentu u jednom aktivnom obliku, kao jaja ili u fazi dijapauze (Yount i Niemi 1990, Del Rosario i Resh 2000). Migracije, kao što su drift i ovipozicija, nisu moguće u ovim ranim fazama rekolonizacije (Cushing i Gaines 1989). Ne-leteći taksoni (npr. Mollusca, Crustacea, Oligochaeta, Acarina), koji pokazuju visok stepen rezistentnosti na sušu, pojavljuju se na samom početku procesa rekolonizacije. Sa napredovanjem vlažnog perioda dolazi do pojavljivanja i izleganja nove generacije diptera iz porodice Simuliidae, što vodi povećavanju gustine i biomase makroinvertebratske zajednice tokom vremena, što je zabilježeno i u drugim studijama potoka (Whiles i Wallace 1995, Nelson i Roline 1996). Plecoptera, Isopoda, Copepoda su bile relativno abundantne tokom procesa rekolonizacije, što se može objasniti time da su ove grupe bile favorizovane sezonskim poremećajima (Yount i Niemi 1990, MacKay 1992), koji utiču na fenologije njihovih životnih istorija. Sa druge strane, Ephemeroptera su označene kao spori kolonizatori (MacArthur i Barnes 1985), što može objasniti njihovu malu gustinu zabilježenu tokom našeg istraživanja.

Boulton i sar. (1991) i Boulton i Stanley (1995), ističu da Oligochaete obično izdržavaju sušni period u vlažnim refugijama u hiporeičnoj zoni, što može biti slučaj i sa klasom Mollusca (Boulton 1989). Sa druge strane, hironomide (Chironomidae, Diptera) su svrstane u kategoriju veoma "plastičnih" organizama (Palmer i sar. 1995), u odnosu na sušni period. Nekoliko vrsta hironomida, visoku tolerantnost na isušivanje (Boulton 1989), duguju svojoj sposobnosti da stvaraju rezistentna jaja, visokoj stopi reprodukcije i tome što su multivoltini organizmi (Gray 1981), što omogućava ovoj grupi da brzo kolonizira potočna staništa (Malmqvist i sar. 1991, Katano i sar. 1998).

U našoj studiji predvidjeli smo da se struktura invertebratske zajednice razlikuje u odnosu na udaljenost od stalnog (perenijalnog - DP) dijela potoka Rimanić, što ukazuje da ovo može biti važan faktor koji određuje strukturu zajednica poslije perioda suše. Međutim, NMDS ordinacija pokazala je da ne postoje značajne razlike u strukturi zajednice između istraživanih lokaliteta, koji se nalaze na različitim udaljenostima od perenijalnog dijela potoka ($Rho = -0.16$), ali je zato pokazala razlike u odnosu na periode kad je urađeno uzorkovanje (za zajednicu invertebrata, $Rho = 0.596$; za vodene koleoptere, $Rho = 0.403$).

korelacija između proporcije larvi i DP, što ukazuje da veća udaljenost od perenijalnog dijela potoka izgleda favorizuje larve ditiscidnih koleoptera.

Iz svega ovoga, možemo zaključiti da prve faze rekolonizacije potoka makroinvertebratama karakteriše dominantnost nekoliko taksona otpornih na sušu. Pri kraju procesa rekolonizacije, makroinvertebratska zajednica ispoljava mnogo ravnomjerniju distribuciju (Otermin i sar. 2002).

Sa aspekta funkcionalnih grupa, kolektori su obično pioniri u rekolonizaciji potočnih staništa. Strugači dolaze kasnije, jer zahtijevaju rast perifitona, dok razlagači i predatori se pojavljuju poslednji u rekoloniziranoj sekvenci (Gore 1982, MacKay 1992). Ovo je potvrđeno i u našem istraživanju periodičnog dijela potoka Rimanić, pri čemu dominiraju kolektori (Ostracoda, Diptera), a tek kasnije se pojavljuju strugači (Gastropoda), razlagači i predatori (Plecoptera, Coleoptera, Acarina).

Uporedne studije sastava zajednica beskičmenjaka u stalnim i periodičnim potocima, pokazuju često visok stepen preklapanja (Williams 1987, Delucchi i Peckarsky 1989, Boulton i Lake 1992, Dieterich 1992, Feminella 1996, Banks 2005, Beche i sar. 2006), sa većinom taksona koji su zajednički za obje vrste staništa. Iako su neke vrste beskičmenjaka brojnije ili uobičajnije u periodičnim, u odnosu na stalne tokove (Smit i Wood 2002, Flinders i Magoulick 2003, Wood i sar. 2005, Meyer i Meyer 2007), periodični potoci sami po sebi nemaju jedinstvenu faunu (Delucchi i Peckarsky 1989) i samo nekoliko vrsta se mogu klasifikovati kao "obligatno stalne" ili "obligatno povremene", sa mogućnošću da zauzimaju i stalne i periodične tokove. Sastav vrsta periodičnih (efemernih) tokova, tokom vlažne sezone je često veoma sličan u odnosu na sastav vrsta u perenijalnim djelovima potoka (Shivoga 2001, Boulton 2003). Ova sličnost u fauni je dijelom i zbog kolonizacije periodičnih djelova beskičmenjacima vazdušnim putem iz obližnjih stalnih (perenijalnih) tokova, posebno onim taksonima koji posjeduju adaptacije, koje im omogućavaju da prežive u periodičnim sredinama, kao što su univoltini životni ciklus, visoko mobilni adulti, brzi rast zimi i u proljeće (odnosno za vrijeme vlažnih sezona) i odlaganje jaja u vlažnom supstratu u rano ljeto (Clifford 1966). Generalno, smatra se da efemerni potoci sadrže ograničen broj vrsta, koje tu mogu kompletirati svoj životni ciklus, prije nego potok presuši (Dieterich 1992, Ohio EPA 2002, Bonada i sar. 2007). Mnoge grupe vodenih invertebrata pokazuju karakteristične razlike u prisutnim taksonima tokom vlažne sezone, u odnosu na suhu sezonu (Clifford 1966, McElravy i sar. 1989, Boulton i Lake 1992, Miller i Golladay 1996, Bonada 2003, Boulton 2003, Beche i sar. 2006, Bogan i Lytle 2007). Ovo je potvrđeno i rezultatima naše studije,

između perenijalnih i periodičnih djelova potoka, sem razlika u dominantnosti i diverzitetu određenih taksona.

Takođe, u našoj studiji nismo bili u mogućnosti izdvojiti ključne taksonomske grupe, koje bi se mogle izdiferencirati između perenijalnih i periodičnih djelova potoka, što se mora uzeti sa rezervom, s obzirom na činjenicu da je determinacija do najnižeg taksonomskog nivoa (vrste), urađena samo za vodene koleoptere. Uporedna analiza stukture zajednica vodenih Coleoptera, između periodičnog dijela potoka Rimanić i zajednice vodenih koleoptera perenijalnih lokaliteta pokazala je da najveća sličnost postoji sa zajednicom vodenih koleoptera izvora Pištet (sorensenov indeks sličnosti iznosi 0.64), a najmanja sa zajednicom vodenih koleoptera kanala Mareza (sorensenov indeks sličnosti iznosi 0.28).

Prosječna godišnja dužina trajanja sušnog perioda u periodičnim (efemernim) tokovima može takođe uticati na sastav zajednice beskičmenjaka; na primjer, Dieterich (1992) i Banks (2005) zapazili su da je sastav zajednica makroinvertebrata u periodičnom dijelu toka, koji presušuje 4-5 mjeseci godišnje, sličniji onom u stalnim izvorima istog regiona; što je slučaj sa izvorom Pištet koji je jedini stalni izvor u gornjem dijelu sliva potoka Rimanić. Osim toga, periodični potoci sa vezom ili blizu stalnih (perenijalnih) voda, vjerovatno će biti ponovo rekolonizirani od strane vazdušnih adulta, uzvodnim ili nizvodnim kretanjem vodenih formi ili kretanjem prema površini organizama iz dubljih slojeva sedimenta (Williams i Hynes 1976a, Wiliams 1977, Gray i Fisher 1981, Shivoga 2001).

Smatra se da se raznovrsnost taksona generalno povećava, idući od periodičnih ka stalnim djelovima potoka, ali sezona tokom koje se vrši uzorkovanje makroinvertebrata takođe će uticati na broj prisutnih taksona. Miller i Golladay (1996) i Del Rosario i Resh (2000), su takođe pokazali da je ukupna abundantnost makroinvertebrata mnogo veća u perenijalnim nego u efemernim djelovima potoka. Ukupna abundantnost je značajno oscilirala u perenijalnim lokalitetima tokom cijele godine, dok je abundantost u efemernim lokalitetima bila relativno stabilna. Broj taksona je bio relativno stabilan na svim lokalitetima, a značajno smanjenje se nije dogodilo u efemernim uzorcima uzetim ni prije, ni poslije sušnog perioda. To je u saglasnosti sa Fauler (2004), koji je utvrdio da se većina taksona (95%) oporavila već poslije sedam dana, nakon povratka toka u periodični dio potoka.

Možemo pretpostaviti da je jedan od glavnih problema u identifikovanju ključnih indikatorskih taksona za stalne (perenijalne) i periodične (efemerne) djelove toka, normalna smjena taksona, koja se javlja sezonski, kao posledica promjene brzine toka i nivoa vode u oba, stalna i periodična dijela toka.

Međutim, sigurno da je kompletna slika o uticaju sušnog perioda i procesa rekolonizacije u vlažnom periodu, u potoku Rimanić mnogo složenija i da i drugi faktori utiču na objašnjavanje sezonske dinamike makroinvertebratske zajednice; kao i distribucije vodenih koleoptera (npr. distribucija larvi vodenih koleoptera u odnosu na udaljenost od perenijalnog dijela potoka), što je sigurno slučaj sa uticajem biotičkih interakcija (na primjer, konkurencija i predatorstvo). Ovi faktori su vjerovatno važni u regulisanju distribucije i bogatstva makroinvertebrata (Boulton i Lake 1992a), ali nisu proučavani u našoj studiji.

Na kraju, možemo zaključiti da su naša saznanja o zajednicama makroinvertebrata u perenijalnom i periodičnom dijelu potoka Rimanić, slična onima u drugim geografskim područjima. Mnoga preklapanja se vide u fauni stalnog i periodičnog dijela toka, ali mali podskup taksona može da dominira bilo u stalnim ili u periodičnim (efemernim) staništima (Dieterich 1992, Banks, 2005). U našem istraživanju perenijalni djelovi su pokazali veći diverzitet u odnosu na periodične djelove. To može da bude djelimično zbog predvidljivosti vlažnih i sušnih sezona u periodičnom dijelu toka potoka Rimanića, što bi moglo da usmjerava razvoj karakterističnih zajednica faune vodenih invertebrata (Dieterich 1992). Prema Delucchi-ju (1987) neki biološki fenomeni omogućavaju beskičmenjacima da opstanu ili izbjegnu sušni period, što može da igra glavnu ulogu u minimiziranju razlika u strukturi zajednica makroinvertebrata između stalnih i periodičnih (efemernih) mjesta, kao što je primijećeno i u ovoj studiji.

Treba napomenuti da čak i kada periodični (efemerni) i perenijalni tokovi imaju slično bogatstvo i raznovrsnost dominantnih taksonomskih grupa, manje sličnosti se primjećuju kada se napravi identifikacija na nivou vrsta (Bottorff i Knight 1988, Wood i dr. 2005), iako ovaj nivo taksonomskih rezolucija nije uvijek moguć.

U zaključku, možemo reći da je invertebratska zajednica periodičnog dijela potoka Rimanić, osjetljiva na sušne uslove i da posjeduje efikasne mehanizme ponovne kolonizacije, ali proces oporavljanja od sušnog perioda je spor, kako u pogledu ukupne abundantnosti tako i bogatstva taksona. Bentoska invertebratska zajednica, kao i zajednica vodenih koleoptera, u periodičnim potocima može se uspješno koristiti kao sredstvo monitoringa u procjeni uticaja sušnih uslova na slatkovodna staništa.

V ZAKLJUČCI

Predmet ove disertacije predstavlja istraživanje sezonske dinamike akvatične invertebratske zajednice, sa posebnim osvrtom na vodene koleoptere.

Koncipirana su dva osnovna zadatka: I faunistička analiza vodenih koleoptera familije Dytiscidae, u površinskim vodama Crne Gore; II sezonska analiza invertebratske zajednice, sa posebnim osvrtom na vodene koleoptere u perenijalnim i periodičnim staništima njihova uporedna analiza.

I Na osnovu rezultata sveobuhvatnih faunističkih ispitivanja vodenih koleoptera familije Dytiscidae, urađenih na prostoru Crne Gore u periodu od 2007-2011. godine, registrovali smo 39 vrsta, iz 18 rodova i 3 subfamilije.

Dvanaest vrsta i jedna podvrsta: *Agabus sturmii* (Gyllenhal, 1808), *A. paludosus* (Fabricius, 1801), *Deronectes moestus inconspicuosus* (Leprieur, 1876), *D. platynotus* (Germar, 1834), *Dytiscus circumcinctus* Ahrens, 1811, *D. dimidiatus* Bergstrasser, 1778, *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, *H. pubescens* (Gyllenhal, 1808), *Ilybius chalconatus* (Panzer, 1797), *I. fuliginosus fuliginosus* (Fabricius, 1792), *I. pseudoneglectus* (Franciscolo, 1972), *Liopterus haemorrhoidalis* (Fabricius, 1787) i *Nebrioporus luctuosus* (Aube, 1838), registrovane se po prvi put za faunu Crne Gore.

Vrsta *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, opisana je na osnovu dva mužijaka, iz južne Makedoniji (planina Kožuf, reohelokreni izvor u blizini sela Konopište, Fery i Pešić, 2006). Ženka ove vrste po prvi put je nađena na lokalitetu Ponikvice u Crnoj Gori i genitalni aparat ženke je po prvi put ilustrovan.

Najveći broj vrsta vodenih koleoptera familije Dytiscidae registrovan je u različitim tipovima izvorskih staništa (31 vrsta), zatim slijede: rijeke (22 vrste), potoci (16 vrsta), dok je manji broj registrovan u stajaćim vodama: jezera (10 vrsta), bare (8 vrsta), lokve (9 vrsta) i plavne livade (6 vrsta).

Zoogeografskom analizom vodenih koleoptera familije Dytiscidae, sakupljenih u toku naših istraživanja, utvrdili smo prisustvo 6 zoogeografskih elemenata (u zagradama je dat % od ukupnog broja vrsta familije Dytiscidae registrovanih u našoj studiji): Holoarktički - 1 vrsta (2 %), Palearktički - 19 vrsta (50 %), Zapadnopalearktički - 6 vrsta (16 %), Evropski - 6 vrsta (16 %), Mediteranski - 6 vrsta (16 %) i Balkanski - 1 vrsta (2 %).

II Poseban doprinos disertacije, predstavlja analiza sezonska dinamike bentoske invertebratske zajednice u perenijalnim i periodičnim vodenim staništima, sa posebnim

U poredbenom kvalitativnom analizom bentoske invertebratske zajednice, u tri različita perenijalna staništa (donji tok potoka Rimanić, izvor Pištet i kanal Mareza), ustanovili smo da nema značajnih razlika u strukturi makroinvertebratske zajednice, ali su nađene razlike u sezonskoj dominantnosti određenih taksona. Maksimalna brojnost makroinvertebratske zajednice u kanalu Mareza registrovana je u septembru, u izvorišnoj otoci reokrenog izvora Pištet u julu, dok je u donjem toku potoka Rimanić, najveća brojnost registrovana u oktobru. Navedene razlike, posledica su dominantnosti određenih taksona u istraživanim perenijalnim lokalitetima: Gastropoda i Amphipoda dominiraju u kanalu Mareza i izvoru Pištet, dok su Gastropoda i Diptera dominantne u donjem toku potoka Rimanić. Idući od heterogenijih (donji tok potoka Rimanić), ka relativno uniformnijim staništima (izvorišna otoka izvora Pištet i kanal Mareze), uočava se pomjeranje pika abundantnosti prema jesenjim mjesecima.

Najveći broj vrsta vodenih koleoptera registrovan je u kanalu Mareza (29 vrsta), u donjem toku potoka Rimanić registrovane su 22 vrste, dok je u izvorišnoj otoci izvora Pištet registrovano 20 vrsta vodenih koleoptera. U donjem toku potoka Rimanić kvalitativno, najbrojnije su Dytiscidae (7 vrsta), dok kvantitativno dominiraju vrste familije Hydraenidae, koje doprinose najvećoj brojnosti vodenih koleoptera u junu i julu. Najmanja brojnost vodenih koleoptera, u donjem toku potoka Rimanić, zabilježena je u zimskim mjesecima. U izvoru Pištet najveća brojnost, registrovana je u maju kada su dominantno prisutne Dytiscidae, dok je najmanja brojnost zabilježena u januaru. U kanalu Mareza imamo drugačiju situaciju: najveća brojnost registrovana je u septembru, sa još jednim pikom brojnosti u junu, dok je najmanja brojnost registrovana u januaru. U pogledu ukupne abundantnosti u kanalu Mareza dominiraju vrste familije Hydrophilidae, dok je po broju vrsta najbrojnija familija Dytiscidae, koja je bila zastupljena sa 10 vrsta.

U pogledu strukture zajednice vodenih koleoptera, najveća sličnost je nađena između zajednica izvora Pištet i donjeg toka potoka Rimanić (10 vrsta). Sorensenov indeks za ova dva lokaliteta iznosi 0.47. Najmanja sličnost (vrijednost Sorensenovog indeksa 0.27) je nađena između zajednica kanala Mareza, koji se odlikuje isključivo muljevitim substratom i donjeg toka potoka Rimanić (7 vrsta), koji se kao i izvor Pištet karakteriše šljunkovito-pjeskovitim substratom.

Istraživanja periodičnog dijela potoka Rimanić, urađena su na tri lokaliteta koja su se nalazila na različitoj udaljenosti od perenijalnog dijela potoka i obuhvatila su: 1) analizu zajednice invertebrata iz plavnog sedimenta, uzetog u toku trajanja sušnog perioda, 2) analizu zajednice bentoskih invertebrata u procesu rekolonizacije periodičnog dijela potoka, u toku vlažne sezone.

Analizom plavnog sedimenta sa tri lokaliteta u periodičnom dijelu potoka Rimanić, registrovano je 14 taksona. Zajednica koja se sastoji od taksona otpornih na sušenje i koja se pojavljuje u plavnom sedimentu poslije dužeg sušnog perioda, predstavljena je u prvom redu sa ostrakodama i u manjoj brojnosti sa oribatidama, kao i sa manjim brojem insekatskih taksona. U ukupnom broju jedinki izolovanih iz plavnog sedimenta (u zgradama je dat % u ukupnoj brojnosti jedinki koje su izdvojene iz sedimenta), dominirale su Ostracoda koje su činile 71.6% ukupnog broja, zatim slijede: Oribatida (7.03%) i Gastropoda (6.44%), dok predstavnici ostalih taksona pojedinačno učestvuju sa manje od 5%. NMDS ordinacija je pokazala da ne postoje značajne razlike u strukturi zajednice između istraživanih lokaliteta ($Rho = -0.167$), ali je pokazala razlike u odnosu na periode kada je urađeno uzorkovanje ($Rho = 0.47$).

Kvantitativnom analizom invertebratske zajednice u periodičnom dijelu potoka Rimanić, registrovano je 19 taksona. U bentoskoj zajednici periodičnog dijela potoka dominiraju Ostracode, Plecoptera i Simuliidae (Diptera), koje čine oko 50% od ukupnog broja sakupljenih jedinki. Fauna vodenih koleoptera je predstavljena sa 14 vrsta, iz četiri porodice: Dytiscidae, Helophoridae, Hydrophilidae i Hydraenidae. NMDS ordinacija je pokazala da ne postoje značajne razlike u sastavu invertebratske zajednice, kao i zajednice vodenih koleoptera, između tri istraživana lokaliteta, ali je pokazala razlike u odnosu na periode kad je urađeno uzorkovanje (zajednica bentoskih beskičmenjaka, $Rho = 0.596$; zajednica vodenih koleoptera, $Rho = 0.403$).

Uporedna analiza zajednica vodenih Coleoptera između periodičnog dijela potoka Rimanić i zajednica vodenih koleoptera perenijalnih lokaliteta, pokazala je da najveća sličnost postoji sa zajednicom vodenih koleoptera izvora Pištet (Sorensenov indeks iznosi 0.67), a najmanja sa zajednicom kanala Mareza (Sorensenov indeks iznosi 0.29).

Rezultati istraživanja su pokazali da je akvatična zajednica invertebrata periodičnog dijela potoka Rimanić osjetljiva na sušne uslove, kao i da posjeduje efikasne mehanizme ponovne kolonizacije, ali proces oporavka od sušnog perioda je spor, kako u pogledu ukupne abundantnosti, tako i bogatstva taksona. Bentoska invertebratska zajednica, kao i zajednica vodenih koleoptera u periodičnim potocima, može se uspješno koristiti kao sredstvo monitoringa u procjeni uticaja sušnih uslova na slatkovodna staništa.

VI LITERATURA

- Abellán, P., Sánchez-Fernández, D., Velasco, J. & Millán, A. (2005). Conservation of freshwater biodiversity: a comparison of different area selection methods. *Biodiversity and Conservation*, 14, 3457–3474.
- Abell, D. L. (1984). Benthic invertebrates in some California intermittent streams. In: Jain, S. & Moyle, P. (eds.). *Vernal pools and intermittent streams*. Institute of Ecology Publication nº28. UC Davis. Davis, CA., 46-60 str.
- Adis, J. & Junk W. J. (2002). Terrestrial invertebrates inhabiting lowland river floodplains of Central Amazonia and Central Europe: a review. *Freshwater Biol.*, 47, 711-731.
- Ahlroth P., Alatalo R. V., Hyvarinen E. & Suhonen J. (1999). Geographical variation in wing polymorphism of the waterstrider *Aquarius najas* (Heteroptera, Gerridae). *Journal of Evolutionary Biology*, 12, 156–160.
- Allan, D. J. (1996). *Stream Ecology, structure and function of running waters*. Chapman and Hall, NY.
- Allen, T. F. H. & Hoekstra, T. W. (1991). Role of heterogeneity in scaling of ecological systems under analysis. In: Kolasa, J. & Pickett, T. A. (eds.). *Ecological Heterogeneity*. Ecological studies, 86. Springer-Verlag. New York. 47-68 str.
- Banks, J. L. (2005). Influences of clearcut logging on macroinvertebrates in perennial and intermittent headwaters of the Central Oregon Coast Range. M. S. Thesis, Oregon State University, Corvallis OR. 133 str.
- Bauwens, D. (1999). Life-history variation in lacertid lizards. *Natura Croatica*, 8, 239 - 252.
- Beche, L. A., McElravy E. P. & Resh, V. H. (2006). Long-term seasonal variation in the biological traits of benthic macroinvertebrates in two Mediterranean climate streams in California, U.S.A. *Freshwater Biology*, 51, 56–75.
- Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. (1990). *Ecology. Individuals, populations and communities*. Blackwell Scientific Publications, London.
- Benke, A. C., Hunter, R. J. & Parrisch, F. K. (1986). Invertebrate drift dynamics in a subtropical blackwater river. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 5, 173-190.
- Biggs, B. J. F., Stevenson, R. J. & Lowe, R. L. (1998). A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. *Arch. Hydrobiol.*, 143(1), 21-56.
- Bishop, P. (1995). Drainage re-arrangement by river capture, beheading and diversion. *Prog. Phys. Geog.*, 19, 449-473.
-

- Bishop, J. E., & Hynes, H. B. N. (1969). Downstream drift of the invertebrate fauna in a stream ecosystem. *Arch. Hydrobiol.*, 66, 56-90.
- Bogan, M. T. & Lytle, D. A. (2007). Seasonal flow variation allows 'time-sharing' by disparate aquatic insect communities in montane desert streams. *Freshwater Biology*, 52, 290–304.
- Bonada, N. (2003). Ecology of the macroinvertebrate communities in Mediterranean rivers at different scales and organization levels, Doctoral thesis. University of Barcelona, Barcelona, Spain.
- Bonada, N., Rieradevall, M. & Prat, N. (2007). Macroinvertebrate community structure and biological traits related to flow permanence in a Mediterranean river network. *Hydrobiologia*, 589, 91–106.
- Borchardt, D. & Statzner, B. (1990): Ecological impact of urban stormwater runoff studied in experimental flumes: population loss by drift and availability of refugial space. *Aquatic Science*, 52, 299-314.
- Botosaneanu L. (1998). Studies in crenobiology. The biology of Springs and Springbrooks. Backhuys Publishers, Leiden.
- Botosaneanu, L. (1998). Studies in Crenobiology. The Biology of Springs and Springbrooks. Backhuys Publishers, Leiden, 261 str.
- Bottorff, R. L. & Knight, A. W. (1988). Functional organization of macroinvertebrate communities in two first-order California streams: Comparison of perennial and intermittent flow conditions. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 23, 1147-1152.
- Boulton, A. J. & Lake, P. S. (1990). The ecology of two intermittent streams in Victoria, Australia. I. Multivariate analyses of physicochemical features. *Freshwat. Biol.*, 24, 123–141.
- Boulton, A. J. & Lake, P. S. (1992a). The ecology of two intermittent streams in Victoria, Australia. II. Comparisons of faunal composition between habitats, rivers and years. *Freshwat. Biol.*, 27, 99–121.
- Boulton, A. J. & Lake, P. S. (1992b). The ecology of two intermittent streams in Victoria, Australia. III. Temporal changes in faunal composition. *Freshwat. Biol.*, 27, 123–138.
- Boulton, A. J., Peterson, C. G., Grimm, N. B. & Fischer, S. G. (1992). Stability of an aquatic macroinvertebrate community in a multiyear hydrologic disturbance regime. *Ecology*, 73, 2 192-2207.
-

-
- Boulton, A. J., Stibbe, S. E., Grimm, N. B. & Fischer, S. G. (1991). Invertebrate recolonization of small patches of defaunated hyporheic sediments in a Sonoran Desert stream. *Freshwat. Biol.*, 26, 267-277.
- Boulton, A. J. & Stanley, E. H. (1995). Hyporheic processes during flooding and drying in a Sonoran Desert stream. 11. Faunal dynamics. *Arch. Hydrobiol.*, 134, 27-52.
- Boulton, A. J. & Suter, P. J. (1986). Ecology of temporary streams — an Australian perspective. In: de Decker, P. & Williams, W. D. (eds.). *Limnology in Australia*. CSIRO/Dr. W. Junk. Melbourne/Dordrecht, str. 313-327.
- Boulton, A. J. (1989). Over-summering refuges of aquatic macroinvertebrates in two intermittent streams in central Victoria. *Trans. R. Soc. S. Aust.*, 113, 23-34.
- Boulton, A. J. (1991). Eucalypt leaf decomposition in an intermittent stream in south-eastern Australia. *Hydrobiologia*, 211, 123-136.
- Boulton, A. J., Sheldon, F., Thoms, M. C. & Stanley, E. H. (2000). Problems and constraints in managing rivers with variable flow regimes. Str. 415-430 in P. J. Boon, B. R. Davies, & G. E. Petts (Eds.). *Global perspectives on river conservation: science, policy and practice*. John Wiley & Sons, Chichester, United Kingdom.
- Boulton, A. J. (2003). Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biology*, 48, 1173–1185.
- Bradshaw, W. E. & Holzapfel, C. M. (1983). Predator-mediated, non-equilibrium coexistence of tree-hole mosquitoes in southeastern North America. *Oecologia*, 57, 239- 256.
- Brittain, J. E. & Eikelan, T. J. (1988): Invertebrate drift - review. *Hydrobiologia*, 166, 77-93.
- Brock, M. A., Nielsen, D. L., Shiel, R. J., Green, J. D. & Langley, J. D. (2003). Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. *Freshwater Biology*, 48, 1207–1218.
- Brown, A. V. & Brown, K. W. (1984). Distribution of insects within riffles of streams. *Freshwat. Invert. Biol.*, 3, 2–11.
- Brown, H. P. (1981). A distributional survey of the world genera of aquatic dryopoid beetles (Coleoptera: Dryopidae, Elmidae and Psephenidae sens. lat). *Pan-Pac. Entomol.*, 57, 133-148.
- Bunn, S. E. & Hughes J. M. (1997). Dispersal and recruitment in streams: evidence from genetic studies. *Journal of the North American Benthological Society*, 16, 338-346.
- Butler, M. G. (1984). Life histories of aquatic insects. In V.H. Resh and D.M. Rosenberg (eds.) *The Ecology of Aquatic Insects*. Praeger Publishers, New York, NY, USA, str. 24-25.

- Cairns, J. (1990). Lack of theoretical basis for predicting rate and pathways of recovery. *Environmental Management*, 14, 517–526.
- Cantonati, M., Gerecke, R. & Bertuzzi, E. (2006): Springs of the Alps, sensitive ecosystems to environmental change: From biodiversity assessment to long-term studies. – In: Lami, A. & Boggero, A. (eds.): *Developments of Hydrobiology, Ecology of high altitude aquatic systems in the Alps*. *Hydrobiologia*, 562, 59–96.
- Church, M. (1996). Channel morphology and typology. In: Petts, G. & Callow, P. (eds.). *River flows and channel forms*. Blackwell Science. Oxford, str. 185-202
- Clarke, K. P. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.*, 18, 117– 143.
- Clifford, H. F. (1966). The ecology of invertebrates in an intermittent stream. *Invest. Indiana Lakes & Streams*, 7(2), 57-97.
- Cobb, D. G., Galloway, T. D. & Flanagan, J. F. (1992). Effects of discharge and substrate stability on density and species composition of stream insects. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49, 1788–1795.
- Coimbra, C. N., Graca, M. A. S. & Cortes, R. M. (1996). The effects of a basic effluent on macroinvertebrate community structure in a temporary Mediterranean river. *Environ. Poll.*, 94, 301-307.
- Collier, K. J. (1995). Environmental factors affecting the taxonomic composition of aquatic macroinvertebrate communities in lowland waterways of Northland, New Zealand. *N. Zealand J. Mar. Freshwat. Res.*, 29, 453-465.
- Comin, F. A. & Williams, W. D. (1994). Parched continents: our common future? Str. 473-527 in R.Margalef (Ed). *Limnology now: a paradigm of planetary problems*. Elsevier, Amsterdam.
- Compin, A. & Céréghino, R. (2003). Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garonne stream system (France). *Ecol. Indic.*, 3, 135-142.
- Cooper, S. D., Walde, S. J. & Peckarsky, B. L. (1990). Prey exchange rates and the impact of predators on prey populations in streams. *Ecology*, 71, 1503–1514.
- Corkum, L. D. (1990). Intra-biome distributional patterns of lotic macroinvertebrate assemblages. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47, 2147-2157.
- Cortes, R. M. V., Ferreira, M. T. & Godinho, F. S. (1998). Benthic community organization in a intermittent lotic system. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 26, 1002–1007.
- Costa, C. & Ide, S. (2006). Coleoptera. In: Costa, C., Ide, S. & Simonka, C.E (eds). *Insetos imaturos: metamorfose e identificação*. Holos, Ribeirão Preto, Str. 107-145.
-

- Covich, A. P., Palmer, M. A. & Crowl, T. A. (1999). The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems: zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*, 49 (2), 119-127.
- Covich, A. P. (1988). Geographical and historical comparison of neotropical stream: biotic diversity and detrital processing in highly variable habitats. *Journal of the North American Benthological Society*, 7 (4), 361-386.
- Cowx, I. G., Young, W. O. & Hellawell, J. M. (1984). The influence of drought on the fish and invertebrate populations of an upland stream in Wales. *Freshwat. Biol.*, 14, 165–177.
- Cowx, I. G., Young, W. O. & Hellawell, J. M. (1984). The influence of drought on the fish and invertebrate populations of an upland stream in Wales. *Freshwater Biology*, 14, 165–177.
- Craig, D. (2002). A new view of the river continuum concept. *Bulletin of the North American Benthological Society*, 19, 380-381.
- Crema, S.U., Ferrarese, D., Golo, P., Modena, B., Sambugar & Gerecke, R. (1996). A research on benthic and interstitialfauna in alpine and pre-alpine springs. Report Centro Ecologia Alpina, 105 str.
- Cressa, C. (1998). Community composition and structure of macroinvertebrates of the river Camurí Grande, Venezuela. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 26, 1008–1011.
- Crowder, L. B. & Cooper, W. E. (1982). Habitat structural complexity and the interaction between bluegills and their prey. *Ecology*, 63, 1802–1813.
- Cummins, K. W. (1992). Invertebrates. In Calow, P. & G. E. Petts (eds), *The Rivers Handbook*. Blackwell Science, Oxford, 234–250 str..
- Cushing, C. E. & Gaines, W. L. (1989). Thoughts on re-colonization of endorheic cold desert springstreams. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 8, 277-287.
- Dahms, H. U. (1995). Dormancy in the Copepoda – an overview. *Hydrobiologia*, 306, 199–211.
- Dell, B., Hopkins, A. J. M. & Lamont, B. B. (1986). Introduction. In: Dell, B.; Hopkins, A. J. M. & Lamont, B. B. (eds.). *Resilience in mediterranean-type ecosystems*. Dr. W. Junk Publishers. 168 str.
- Del Rosario, R. & Resh, V. H. (2000). Invertebrates in intermittent and perennial streams: is the hyporheic zone a refuge from drying? *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 19 (4), 680-696.
- Delucchi, C. M. (1988). Comparison of community structure among streams with different temporal flow regimes. *Can. J. Zool.*, 66, 579–586.

- Delucchi, C. M. (1989). Movement patterns of invertebrates in temporary and permanent streams. *Oecologia*, 78, 199-207.
- Delucchi, C. M. & Peckarsky, B. L. (1989). Life history patterns of insects in an intermittent and a permanent stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 8(4), 308-321.
- De Shon, J. E. (1995). Development and application of the invertebrate community index (ICI). In Davis, W. S. & T. P. Simon (eds), *Biological Assessment and Criteria*. Lewis Publishers, England, 217-243 str.
- De Szalay, F. A. & Resh, V. H. (2000). Factors influencing macroinvertebrate colonization of seasonal wetlands: responses to emergent plant cover. *Freshwater Biology*, 45, 295-308.
- Di Castri, F. (1981). Mediterranean-type shrublands of the world. In: di Castri, F.; Goodall, D. W. & Specht, R. L. *Ecosystems Of The World 11: Mediterranean-Type Shrublands*. Elsevier Scientific Publishing Company, 643 str.
- Dieterich, M. (1992). Insect community composition and physico-chemical processes in summerdry streams of western Oregon. Ph. D. thesis, Oregon State University, Corvallis OR, 191 str.
- Dieterich, M. & Anderson, N. H. (2000). The invertebrate fauna of summer-dry streams in western Oregon. *Archiv für Hydrobiologie*, 147, 273-295.
- Dodson, S. I. (1987). Animal assemblages in temporary desert rock pools: aspects of the ecology of *Dasyhelea sublettei* (Diptera: Ceratopogonidae). *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 6, 61- 71.
- Drost, M .B. P., Cuppen, H. P. J., Van Nieukerken, E. J. & Schreuer, M. (1992): *De waterkevers van Nederland*. — Uitgeverij K.N.N.V., Utrecht, 1-280.
- Elliott, J. M. (1967): Invertebrate drift in a Dartmoor stream. *Arch. Hydrobiol.*, 63, 202-237.
- Extence, C. A. (1981). The effect of drought on benthic invertebrate communities in a lowland river. *Hydrobiologia*, 83, 217-224.
- Fairchild, G. W., Faulds, A. M. & Matta, J. F. (2000). Beetle assemblages in ponds: effects of habitat and site age. *Freshwater Biology*, 44, 523-534.
- Fairchild, G. W., Cruz, J., Faulds, A. M., Short, A. E. Z. & Matta, J. F. (2003). Microhabitat and landscape influences on aquatic beetle assemblages in a cluster of temporary and permanent ponds. *Journal of the North American Benthological Society*, 22, 224-40.
- Feminella, J. W. (1996). Comparison of benthic macroinvertebrate assemblages in small streams along a gradient of permanence. *J. N. Amer. Benthol. Soc.*, 15, 651-669.
-

- Fery, H. & Petrov, P. N. (2005). Nomenclatural, taxonomic. and faunistic notes on selected species of *Hydroporus* Clairville, 1806 (Coleoptera: Dytiscidae). *Russ.Entomol. J.*, 14 (4), 251-262.
- Fery, H. (2006). *Hydroporus incommodus* sp. N. From Slovakin, and notes on other members of the *H. Striola* group (Coleoptera: Dytiscidae). *Koleopterol. Rund.*, 76, 23-34.
- Fery, H. & Pešić, V. (2006). *Hydroporus macedonicus* nov. spec., a new member of the *planus* group (Coleoptera: Dytiscidae). *Linzer Biol. Beitr.*, 38 (1), 595-604.
- Fischer, J. (1996). Bewertungsverfahren zur Quellfauna. *Crunoecia*, 5, 227-240.
- Fisher, S. G. & Grimm, N. B. (1991). Streams and disturbance: are cross-ecosystem comparisons useful? In J.C. Cole, G.M. Lovett, and S.E.G. Findlay, editors. *Comparative analyses of ecosystems: patterns, mechanisms and theories*. Springer-Verlag, New York, New York, USA., str.196-221.
- Fisher, S. G. & Gray, L. J. (1983). Secondary production and organic matter processing by collector macroinvertebrates in a desert stream. *Ecology*, 64, 1217-1224.
- Fischer, S. G., Gray, L. J., Grimm, N. B. & Busch, D. E. (1982). Temporal succession in a desert stream ecosystem following flash flooding. *Ecol. Monogr.*, 52, 93-110.
- Fjellheim, A., Havardstun, J., Raddum, G. G. & Schnell, O. A. (1993). Effects of increased discharge on benthic invertebrates in a regulated river. *Reg. Riv.: Res. & Man.*, 8, 179- 187.
- Flinders, C. A. & Magoulick, D. D. (2003). Effects of stream permanence on crayfish community structure. *American Midland Naturalist*, 149, 134-147.
- Foster, G. N., Nelson, B. H., Bilton, D. T., Lott, D. A., Merrit, R., Weyl, R. S. & Eyre, M. D. (1992). A classification and evaluation of Irish water beetle assemblages. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2, 185-208.
- Foster, G. N. & Eyre, M. D. (1992). Classification and ranking of water beetles communities. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- Frissell, C. A., Liss, W. J., Warren, C. E. & Hurley, M. D. (1986). A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management*, 10, 199-214.
- Futuyma, D. J. (1998). *Evolutionary Biology*. 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, 1998.
- Garcia-Criado, F. & Fernández-Alaez, M. (2001). Hydraenidae and Elmidae assemblages (Coleoptera) from a Spanish river basin: good indicators of coal mining pollution? *Arch. Hydrobiol.*, 150, 641-660.

-
- Gasith, A. & Resh, V. H. (1999). Streams in Mediterranean climate regions: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 30, 51–81.
- Geijskes, D. C. (1935). Faunistisch-ökologische Untersuchungen am Röserenbach bei Liestal im Basler Tafeljura. Beiträge zur Ökologie der Mittelgebirgsbäche. *Tijdschrift voor Entomologie*, 78, 249–382.
- Georguiev, V. (1987). Fauna Bulgarica. Coleoptera, Hydrocanthares- In: *Aedibus Acad. Bulg. Sci.*, 17 Sofia, 161.
- Georgiev, B. V. (1971). Coleoptera Hydrocantares et Palpicornia.- *Catalogus Faunae Jugoslaviae*. III/6. Consilium Academicum Scientiarum Rei Publicae Socialisticae Foederativae Jugoslaviae, Academia Scientiarum et Artium Slovenica, Ljubljana, 1-45.
- Gilinsky, E. (1984). The role of fish predation and spatial heterogeneity in determining benthic community structure. *Ecology*, 65, 455–468.
- Giller, P. S. & Twomey, H. (1993). Benthic macroinvertebrate community organisation in two contrasting rivers-between – site differences and seasonal patterns. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 93B, 115-126.
- Glazier, D. S. (1991). The fauna of North American temperate cold springs: patterns and hypotheses – *Freshwat. Biol.*, 26, 527–542.
- Gore, J. A. (1982). Benthic invertebrate colonization: source distance effects on community composition. *Hydrobiologia*, 94, 183- 193.
- Gould, S. J. & Lewontin, R. C. (1979). The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 205, 581-598.
- Gower, A. M., Myers, G., Kent, M. & Foulkes, M. E. (1994). Relationships between macroinvertebrate communities and environmental variables in metal-contaminated streams in south-west England. *Freshwat. Biol.*, 32, 199–221.
- Grabowski, M. & Pešić, V. (2006). Life history of *Laurogammarus scutariensis* (Schaferna 1922)- an amphipod endemic to the Skadar Lake basin. In: Pešić, V. i Hadžiblahović, S. (Eds.). *The Book of Abstracts and Programme, II International Symposium of Ecologists of Montenegro, Kotor, 20-25. 09. 2006.*, str. 61.
- Graça, M. A. S., Fonseca, D. M. & Castro, A. S. T. (1989). The distribution of macroinvertebrate communities in two Portuguese rivers. *Freshwat. Biol.*, 22, 297-308.

- Gray, L. J. (1981). Species composition and life histories aquatic insects in a lowland Sonoran desert stream. *Am. Mid. Nat.*, 106, 229-242.
- Gray, L. J. & Fisher, S. G. (1981). Postflood recolonization pathways of macroinvertebrates in a lowland Sonoran desert stream. *American Midland Naturalist*, 106 (2), 249-257.
- Grzybkowska, M. (2000): Drift: not only genetic and continental. (In Polish with English sum.) *Kosmos*, 49, 113-122.
- Grzybkowska, M., Pakulska, D. & Jakubowski, H. (1987): Benthos and drift of invertebrates, particularly Chironomidae, in a selected cross-section profile of the Widawka River (Central Poland). *Acta Hydrobiol.*, 29, 89-109.
- Hancock, P. J. (2002). Human impacts on stream-groundwater exchange zone. *Environmental Management*, 29, 763-781.
- Hauer, F. R. & Lamberti, G. A. (1996). *Methods in Stream Ecology*. Academic Press. ISBN: 0-12-332906-X. 696 str.
- Hayford, B. & Herrmann, S. J. (1998). Migration patterns of four macroinvertebrates along a rheocrene thermal spring. In: *Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks* (Ed L. Botosaneanu), str. 63-75. Backhuys Publishers, Leiden.
- Hellawell, J. M. (1986). *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier, London, str. 546.
- Hershey, A. E., Pastor J., Peterson B. J. & Kling, G. W. (1993). Stable isotopes resolve the drift paradox for *Baetis* mayflies in an Arctic river. *Ecology*, 74, 2315-2325.
- Hershey, A. E., Bowden, W. B., Deegan, L. A., Hobbie, J. E., Peterson, B. J., Kipphut, G. W., Kling, G. W., Lock, M. A., Merritt, R. W., Miller, M. C., Vestal, J. R. & Schuldt, J. A. (1997). The Kuparuk River: A long term study of biological and chemical processes in an arctic river. Str. 107-129 in Milner, A., and M. Oswood, eds., *Freshwaters of Alaska*. Springer-Verlag Publishers, New York.
- Hershey, A. E. & Lamberti, G. A. (1988). Stream macroinvertebrate communities, in Bilby, R.E., Naiman, R.J., Eds. *Ecology and management of streams and rivers in the Pacific Northwest coastal regions*. Springer, New York, str. 169-199.
- Hershey, A. E. & Lamberti, G. A. (1998). Stream macroinvertebrate communities. Str. 169-199 in R.J. Naiman and R.E. Bilby eds. *River ecology and management: lessons from the Pacific coastal ecoregion*. Springer, New York, NY.
- Hershey, A. E. & Lamberti, G. A. (2001). "Aquatic Insect Ecology." *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 733-775.
-

- Hildrew, A. G. & Townsend, C. R. (1986). Organization in freshwater benthic communities. In: Organization of communities, past and present. Gee, J. H. R. & Giller, P. S. (ed), Blackwell Scientific Publications., str. 347-371.
- Holt, R. D. (1993). Ecology at the mesoscale: the influence of regional processes on local communities. In: Ricklefs, R. E. & Schluter, D. (eds.). Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives. University of Chicago Press. Chicago. str. 77-88.
- Hrvačević, S. (2004). Resursi površinskih voda Crne Gore. Podgorica.
- Hughes, J. M., Bunn, S. E., Kingston, M. & Hurwood, D. A. (1995). Genetic differentiation of populations of *Paratya australiensis* (Decapoda: Atyidae) in rainforest streams in south-east Queensland. Journal of the North American Benthological Society, 14, 158-173.
- Hughes, J. M., Bunn, S. E., Hurwood, D. A., Choy, S. & Pearson, R. G. (1996). Genetic differentiation among populations of *Caridina zebra* (Decapoda: atyidae) in tropical rainforest streams, northern Australia. Freshwater Biology, 36, 289-296.
- Hynes, H. B. N. (1970). The Ecology of Running Waters. Liverpool Univ. Press, Liverpool. 555 str.
- Hynes, K. E. (1998). Benthic Macroinvertebrate Diversity and Biotic Indices for Monitoring of 5 Urban and Urbanizing Lakes within the Halifax Regional Municipality (HRM), Nova Scotia, Canada. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax. xiv, 114 str.
- Ilg, C., Castella, E., Lods-Crozet, B. & Marmonier, P. (2001). Invertebrate drift and physico-chemical variables in the tributaries of the Mutt, a Swiss glacial stream. Arch. Hydrobiol., 151, 335-352.
- Incekara, U., Mart, A. & Erman, O. (2004a). Distribution of Turkish *Helophorus* Fabricius, 1775 (Coleoptera, Helophoridae) I. Subgenus *Rhopalhelophorus*, with two new records. Gazi Entomological Research Society, 6(2), 51-62.
- Iversen, T. M., Wiberg-Larsen, P., Birkholm Hansen, S. & Hansen, F. S. (1978). The effect of partial and total drought on the macroinvertebrate communities of three small Danish streams. Hydrobiologia, 60, 235-242.
- Jacobson, P. J., Jacobson, K. M., et al. (2000b). "Hydrologic influences on soil properties along ephemeral rivers in the Namib Desert" Journal of Arid Environments, 45, 21-34.
-

- Janssens de Bisthoven, L., Nuyts, P., Goddeeris, B. & Ollevier, F. (1998). *Sublethal Pennak*, R.W. (1978). *Fresh-Water Invertebrates of the United States*. Second Edition. John Wiley & Sons. ISBN: 0-471-04249-8. xviii, 803 str.
- Jeffries, M. & Mills, D. (1990). *Freshwater ecology: principles and applications*. Belhaven Press. London and New York, 285.
- Jeffries, M. J. (1994). Invertebrate communities and turnover in wetland ponds affected by drought. *Freshwater Biology*, 32, 602-12.
- Karanović, I. (1998). The ostracod fauna (Ostracoda, Crustacea) from the Skadar Lake drainage basin. PhD thesis, University of Novi Sad, 147 str.
- Karanović, T. (1998). Taxonomical, zoogeographical and ecological study of Copepods (Crustacea, Copepoda) from Continental water in Adriatic drainage area of montenegro. PhD thesis, University of Novi Sad, 222 str.
- Katano, O., Tol, J., Maekawa, K. & Iguchi, K. (1998). Colonization of an artificial stream by fishes and aquatic macroinvertebrates. *Ecol. Res.*, 13, 83-96.
- Kikawada T., Minakawa N., Watanabe M. & Okuda T. (2005) Factors inducing successful anhydrobiosis in the African chironomid *Polypedilum vanderplanki*: significance of the larval tubular nest. *Integrative and Comparative Biology*, 45, 710–714.
- Kołodziejczyk, A. (1999): Invertebrate drift and pressure of predators (in Polish with English summ.). *Kosmos*, 48, 519-526.
- Kolasa, J. & Rollo, C. D. (1991). Heterogeneity of heterogeneity. In *Ecological Heterogeneity* (Kolasa J and S.T.A. Pickett, editors). Springer.
- Labbe, T. R. & Fausch, K. D. (2000). Dynamics of intermittent stream habitat regulate persistence of a threatened fish at multiple scales. *Ecological Applications*, 10, 1774–1791.
- Ladle, M., Welton, J. S. & Bass, J. A. B. (1980). Invertebrate colonization of the gravel substratum of an experimental recirculating channel. *Hol.Ecol.*, 3, 116-123.
- Larimore, R. W., Childers, W. F. & Heckrotte, C. (1959). Destruction and re-establishment of stream fish and invertebrates affected by drought. *Transactions of the American Fisheries Society*, 88, 261-285.
- Lake, P. S. & Schreiber, E. S. G. (1991). Colonization of stones and recovery from disturbance: An experimental study along a river. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24, 2061 - 2064.
-

- Lake, P. S., Bayly, I. A. E. & Morton, D. W. (1989). The phenology of a temporary pond in western Victoria, Australia, with species reference to invertebrate succession. *Arch Hydrobiol*, 115, 171-202.
- Lake, P. S. (2000). Disturbance, patchiness, and diversity in streams. *Journal of North American Benthological Society*, 19, 573–592.
- Lake, P. S. (2003). Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology*, 48, 1161–1172.
- Lancaster, J. & Belyea, L. R. (1997). Nested hierarchies and scale-dependence of mechanisms of flow refugium use. *Journal of the North American Benthological Society*, 16, 221–238.
- Lamberti, G. A. (1996). The role of periphyton in benthic food webs, in Stevenson, R.J., Bothwell, M. L., Lowe, R.L., Eds., *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. Academic Press, San Diego, CA, str. 533-572.
- Lamoroux, N., Poff, N. L. & Argermeier, P. L. (2002). Intercontinental convergence of stream fish community traits along geomorphic and hydraulic gradients. *Ecology*, 83(7), 1792-1807.
- Lindegaard, C., Brodersen, K. P., Wiberg-Larsen, P. & Skriver, J. (1998). Multivariate analyses of macrofaunal communities in Danish springs and springbrooks. In: *Studies in crenobiology. The biology of springs and springbrooks*. (Ed L. Botosaneanu), Backhuys Publishers, Leiden. str. 201-219.
- Lamberti, G. A., & Resh, V. H. (1983). Stream periphyton and insect herbivores: an experimental study of grazing by a caddisfly population. *Ecology*, 64, 1124-1135.
- Lamberti, G. A., Gregory, S. V., Ashkenas, L. R., Wildman, R. C. & Moore, K. M. S. (1991). Stream ecosystem recovery following a catastrophic debris flow. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48, 196-208.
- Larson, D. J., Alarie, Y. & Roughley, R. E. (2000). *Predaceous Diving Beetles Coleoptera: Dytiscidae of the Nearctic Region with Emphasis on the Fauna of Canada and Alaska*. NRC Research Press, Ottawa, Canada.
- Legier, P. & Talin, J. (1973). Comparaison de ruisseaux permanents et temporaires de la Provence calcaire. *Annls. Limnol.*, 9(3), 273-292.
- Lenat, D. R. & Barbour, M. T. (1993): "Using Benthic Macroinvertebrate Community Structure for Rapid, Cost-effective Water Quality Monitoring: Rapid Bioassessment." In Loeb, S. L. and A. Spacie, eds. *Biological Monitoring of Aquatic Systems*. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers.str. 187— 215.
-

- Levin, S. A. (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, 73, 1943-1967.
- Lundkvist, E., Landin, J. & Milberg, P. (2000). Diving beetle (Dytiscidae) assemblages along environmental gradients in an agricultural landscape in southeastern Sweden. *Wetlands*, 21, 48-58.
- MacKay, R. J. (1992). Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of processes and patterns. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 617-628.
- Maltchik, L. & Silva-Filho, M. I. (2000). Resistance and resilience of the macroinvertebrate community to disturbance by flood and drought in a Brazilian semiarid ephemeral stream. *Acta Biologica Leopoldensia*, 22, 171 – 184.
- Malmqvist, B., Rundle, S., Birnmark, C. & Erlandsson, A. (1991). Invertebrate colonization of a new, man-made stream in southern Sweden. *Freshwat. Biol.*, 26, 307-324.
- Magoulick, D. D. and Kobza, R. M. (2003). The role of refugia for fishes during drought: a review and synthesis. *Freshwater Biol.*, 48, 1186-1198.
- Matthaei, C. D. & Townsend, C. R. (2000). Inundate floodplain gravels in a stream with an unstable bed: temporary shelter or true invertebrate refugium? *N. Z. J. Mar. Freshwat. Res.*, 34, 147-156.
- Matthews, W. J. & Marsh-Matthews, E. (2003). Effects of drought on fish across axes of space, time, and ecological complexity. *Freshwater Biology*, 48, 1232-1253.
- McCabe, D. J. (1998). Biological communities in springbrooks. In: *Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks* (Ed L. Botosaneanu), str. 221-228. Backhuys Publishers, Leiden.
- McArthur, J. V. & Barnes, J. R. (1985). Patterns of macroinvertebrate colonization in an intermittent rocky mountain stream in Utah. *Great Basin Naturalist*, 45, 117-123.
- McElravy, E. P., Lamberti, G. A. & Resh, V. H. (1989). Year-to-year variation in the aquatic macroinvertebrate fauna of a northern California stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 8, 51–63.
- McKnight, D. M., Niyogi, D. K., Alger A. S., Bomblies, A., Conovitz, P. A., Tate, C. M. (1999). Dry valley streams in Antarctica: Ecosystems waiting for water. *Bioscience.*, 49, 985–995.
- McAuliffe, J. R. (1984). Competition for Space, Disturbance, and the Structure of a benthic stream community. *Ecology*, 65, 894-908.
- McAuliffe, J. R. (1984). Resource depression by a stream herbivore: effects on distributions and abundances of other grazers. *Oikos*, 42, 327-333.
-

- McCoy, E. D. & Bell, S. S. (1991). Habitat structure: The evolution and diversification of a complex topic. In: Bell, S. S.; McCoy, E. D. & Mushinsky, H. R. (eds.). *Habitat structure: the physical arrangement of objects in space*. Chapman and Hall. London. 3-27 str.
- Meador, M. R. & Matthews, W. J. (1992). Spatial and temporal patterns in fish assemblage structure of an intermittent Texas stream. *American Midland Naturalist*, 12, 106-114.
- Menge, B. A. & Olson, A. M. (1990). Role of scale and environmental factors in regulation of community structure. *Tree*, 5(2), 52-57.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W. & Berg, M. B. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall Hunt Publishing; 4th edition. 1214 str.
- Merritt, R. W. & Cummins, K. W. (1996). *Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa. str. 74 – 97
- Merritt, R. W. & Cummins, K. W. (1996a). Trophic relations of macroinvertebrates. Str. 453-474 in: Hauer, F. R. & Lamberti, G. A. (eds.). *Methods in stream ecology*. Academic Press, San Diego, CA.
- Merritt, R. W. & Cummins, K. W. (1996). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3rd ed. Dubuque, Ia.: Kendall/ Hunt Publishing Company. 862 str.
- Meyer, A. & Meyer, E. I. (2000). Discharge regime and the effect of drying on macroinvertebrate communities in a temporary karst stream in East Westphalia (Germany). *Aquatic Sciences*, 62, 216-231.
- Mikšić, R. (1977). Neue Beiträge zur Kenntnis des bestandes der Coleopteren-fauna des küstenlandes der Crna Gora. *Glas. Republ. Zavod. Zašt. Prirode*, 10, 37-40.
- Mikšić, R. (1977). Novi prilozi poznavanja sastava Coleoptera crnogorskog primorja, *Glas republičkog zavoda za zaštitu prirode* 10. Titograd.
- Miller, A. M. & Golladay, S. W. (1996). Effects of spates and drying on macroinvertebrate assemblages of an intermittent and a perennial prairie stream. *Journal of North American Benthological Society*, 15, 670–689.
- Milne, B. T. (1991). Heterogeneity as a multiscale characteristic of landscapes. In: Kolasa, J. & Pickett, S. T. A. (eds.). *Ecological Heterogeneity*. Springer-Verlag. New York. 32-69 str.
- Minshall, G. W. (1968). Community dynamics of the benthic fauna in a woodland springbrook. *Hydrobiologia*, 32, 305-339.
- Minshall, G. W. (1978). Autotrophy in streams. *BioScience*, 28, 767-771.
-

- Minshall, G. W. & Petersen, R. C. (1985). Towards a theory of macroinvertebrate community structure in stream ecosystems. *Arch. Hydrobiol.*, 104, 49-76.
- Minshall, G. W., Andrews, D. A. & Manuel-Faler, C. Y. (1983). Application of Island Biogeographic Theory to Streams: Macroinvertebrate Recolonization of the Teton River.
- Molina, C., Vidal-Abarca, M. R. & Suárez, M. L. (1994). Floods in arid south-east Spanish areas: a historical and environmental review. In: Rossi, G. (ed.). *Coping with Floods*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 271-278 str.
- Müller, K. (1954). Investigations on the organic drift in north Swedish streams. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm*, 35, 133-148.
- Nielsen, A. (1950). On the zoogeography of springs. *Hydrobiologia*, 2, 313-321.
- Nelson, S. M. & Roline, R. A. (1996). Recovery of a stream macroinvertebrate community from mine drainage disturbance. *Hydrobiologia*, 339, 73-84.
- Nilsson, A. N. & Holmen, M. (1995). The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae. - *Fauna Entomologica Scandinavica*, 32, 1-192.
- Nilsson, A. N. (2003). Family Dytiscidae. In: *Catalog of Palaearctic Coleoptera, I. Archostemata- Myxophaga- Adephaga* (Eds. I. Löbl and A. Smetana), 819 str. Apollo Books, Stenstrup.
- Nilsson, A. N. (2007). *Fauna Europaea: Dytiscidae*. *Fauna Europaea*, Version 1.3, <http://www.faunaeur.org>.
- Nilsson, A. N. (2001). *World Catalogue of Insects. Volume 3. Dytiscidae (Coleoptera)*. Apollo Books, Stenstrup, 395 str.
- Nilsson, A. N. (2003). Family Dytiscidae. In: Löbl, I. & Smetana, A. (Eds), *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 1. Archostemata–Myxophaga–Adephaga*. Apollo Boks, Stenstrup, 35-78 str.
- Nilsson, A. N. (2004). *World Catalogue of Dytiscidae-corrections and additions, 2 (Coleoptera: Dytiscidae)*. *Koleopterologische Rundschau*, 74, 157-174.
- Nilsson, A. N. (2005). *Catalogue of Palaearctic Coleoptera: Noteridae and Dytiscidae*. Version 12.11.2006. http://www.emg.umu.se/biginst/andersn/Cat_main.htm.
- Obi, A., & Conner, J. V. (1986). Spring and summer macroinvertebrate drift in the Lower Mississippi River, Louisiana. *Hydrobiologia*, 139, 167-175.
- Odum, H. T. (1957). Trophic structure and productivity of Silver Springs, Florida. *Ecological Monographs*, 27, 55–112.
-

- Ohio EPA. (2002). Field Evaluation Manual for Ohio's Primary Headwater Streams. Ohio Environmental Protection Agency, Division of Surface Water, Columbus OH, 66 str.
- Ormerod, S. J. & Edwards, R. W. (1987). The ordination and classification of macroinvertebrate assemblages in the catchment of the River Wye in relation to environmental factors. *Freshwat. Biol.*, 17, 533–546.
- Otermin, A., Basaguren A. & Pozo, J. (2002). Re-colonization by the macroinvertebrate community after a drought period in a first order stream (Aguera Basin, Northern Spain). – *Limnetica*, 21, 117–128.
- Painter, D. (1999). Macroinvertebrate distributions and the conservation value of aquatic Coleoptera, Mollusca, and Odonata in the ditches of traditionally managed and grazing fen at Wicken Fen, UK. *J Appl. Ecol.*, 36, 3–48.
- Palmer, M. A., Aernsburger, P., Botts, P. S., Hankenkamp, C. C. & Reid J. W. (1995). Disturbance and the community structure of stream invertebrates: patch-specific effects and the role of refugia. *Freshwat Biol.*, 34, 343-356.
- Palmer, M. A., Arenburger, P., Martín, A. P. & Denman, D. W. (1996). Disturbance and patch-specific responses: the interactive effects of woody debris and floods on lotic invertebrates. *Oecologia*, 105, 247-257.
- Pavićević, A. (2006). Fauna vodenih koleoptera sliva Skadarskog jezera. Magistarski rad, Univerzitet Crne Gore, Podgorica.
- Peckarsky, B. L. (1996). Alternative predator avoidance syndromes of stream-dwelling mayfly larvae. *Ecology*, 77, 1888-1905.
- Peckarsky, B. L., Taylor, B. W., Mcintosh, A. R., Mcpeek, M. A. & Lytle, D. A. (2001). Variation in mayfly size at metamorphosis as a developmental response to risk of predation. *Ecology*, 82, 740-757.
- Persat, H., Olivier, J. M. & Pont, D. (1994). Theoretical habitat templets, species traits, and species richness: fish in the Upper Rhône River and its floodplain. *Freshwat. Biol.*, 31, 439-454.
- Pešić, V. & Pavićević, A. (2005). New records of water beetles (Coleoptera: Haliplidae, Dytiscidae, Gyrinidae) from Montenegro (SE Europe). *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 57 (4), 25-26 str.
- Pešić, V. (2008). Checklist of diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae, Noteridae) of Montenegro. In: Makarov, S. E. & Dimitrijević, R. N. (eds.) *Advances in Arachnology and Developmental Biology. Papers dedicated to Prof. Dr. Božidar*

- Ćurčić. Inst. Zool., Belgrade; BAS, Sofia; Fac. Life Sci., Vienna; SASA, Belgrade & UNESCO MAB Serbia. Vienna — Belgrade — Sofia, Monographs, 12, 509-515.
- Pešić, V. (2001). Fauna of Hydracarina (Acari, Actinedida) from the Skadar lake drainage basin. M. Sc. Thesis, University of Belgrade, 106 str.
- Pešić, V., Crnobrnja-isailović, J. & Tomović, Lj. (2010). Principi Ekologije. Univerzitet Crne Gore, 191 str.
- Pešić, V. & Tomović, Lj. (2010). Praktikum iz ekologije. Univerzitet Crne Gore, 108 str.
- Pickett, S. T. A., Candenasso, M. L. & Jones, C. G. (2000). Generation of heterogeneity by organisms: creation, maintenance and transformation. In: Hutchings, M. J.; John, E. A. & Stewart, A. J. A. (eds.). The Ecological Consequences of Environmental Heterogeneity. British Ecological Society. Blackwell Science. 33-52 str.
- Pijanowska, J. (1999): Predation ecology in aquatic environment. Kosmos, 48, 401-526.
- Pires, A. M., Cowx, I. G. & Coelho, M. M. (1999). Seasonal changes in fish community structure of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). J. Fish Biol., 54, 235–249.
- Pires, A. M., Cowx, I. G. & Coelho, M. M. (2000). Benthic macroinvertebrate communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). Hydrobiologia, 435, 167-175.
- Poff, N. L. & Allan, J. D. (1995). Functional organization of stream fish assemblages in relation to hydrological variability. Ecology, 76(2), 606-627.
- Poff, N. L. & Word, J. V. (1989). Implications of streamflow variability and predictability for lotic community structure: a regional analysis of streamflow patterns. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 46, 1805–1818.
- Poff, N. L. (1992). Why disturbances can be predictable: a perspective on the definition of disturbance in streams. J. N. Am. Benthol. Soc., 11, 86-92.
- Ponder, W. F., Colgan, D. J., Clark, G. A., Miller, A. C., Terzis, T. (1994). Microgeographic, genetic and morphological-differentiation of fresh-water snails - the Hydrobiidae of Wilson Promontory, Victoria, South-Eastern Australia. Australian Journal of Zoology, 42(5), 557-678.
- Putman, R. J. & Wraten, S. D. (1984). Principles of ecology, Croom Helm, London and Canberra.
- Raeder, R. B. & McArthur, J. V. (1995): The relative importance of refugia in determining the drift and habitat selection of predaceous stoneflies in a sandy-bottomed stream. Oecologia, 103, 1-9.

- Resh, V. H., Hildrew, A. G., Statzner, B. & Townsend, C. R. (1994). Theoretical habitat templets, species traits and species richness: A synthesis of long term ecological research on the Upper Rhône River in the context of concurrently developed ecological theory. *Freshwat. Biol.*, 31, 539-554.
- Resh, V. H. (1995). Freshwater benthic macroinvertebrates and rapid assessment procedures for water quality monitoring in developing and newly industrialized countries. In Davis, W. S. & T. P. Simon (eds), *Biological Assessment and Criteria*. Lewis Publishers, England, 167-177.
- Resh, V. H. (1983). Spatial differences in the distribution of benthic macroinvertebrates along a springbrook. *Aquatic Insects*, 5, 193-200.
- Resh, V. H. & Rosenberg, D. M. (1984). *The ecology of aquatic insects*. Praeger, N.Y. 625 str.
- Resh, V. H. & Rosenberg, D. M. (1989). Spatial-temporal variability and the study of aquatic insects. *The Canadian Entomologist*, 121, 941-963.
- Resh, V. H. & Jackson, J. K. (1993): "Rapid Assessment Approaches to Biomonitoring Using Benthic Macroinvertebrates." Str. 195—233 in Rosenberg, D. M. and V. H. Resh, eds. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall.
- Resh, V. H., Brown, A. V., Covich, A. P., Gurtz, M. E., Minshall, G. W., Reice, S. R., Sheldon, A. L., Wallace, J. B. & Wissmar, R. C. (1988). The role of disturbance in stream ecology. *J.n.am. Benthol. Soc.*, 7, 433-455.
- Richards, C., Host, G. E. & Arthur, J. W. (1993). Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchment. *Freshwat. Biol.*, 29, 285-294.
- Ribera, I. (2000). Biogeography and conservation of Iberian water beetles. *Biol. Conserv.*, 92, 131-150.
- Ribera, I., Aguilera, P., Hernando, C. & Millán, A. (2002). Los coleópteros acuáticos de la península Ibérica. *Quercus*, 201, 38-42.
- Ribera, I. & Nilsson, A. N. (1995). Morphometric patterns among diving beetles (Coleoptera: Noteridae, Hygrobiidae, and Dytiscidae). - *Can. J. Zool.*, 73, 2343-2360.
- Roff, D. A. (1990). The evolution of flightlessness in insects. *Ecological Monographs*, 60, 389-421.
- Roff, D. A. (1992). *The evolution of life histories: theory and analysis*. New York: Chapman and Hall.

- temporary ponds. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 15(1), 64-86.
- Scrimgeour, G. J. & Winterbourn, M. J. (1989). Effects of floods on epilithon and benthic macroinvertebrate populations in an unstable New Zealand river. *Hydrobiologia*, 171, 33-44.
- Shachak, M. & Brand, S. (1991). Relation among spatiotemporal heterogeneity, population abundance, and variability in a desert. In: Kolasa, J. & Pickett, T. A. (eds.). *Ecological Heterogeneity*. Ecological studies, 86. Springer-Verlag. New York. 202-223 str.
- Shivoga, W. A. (2001). The influence of hydrology on the structure of invertebrate communities in two streams flowing into Lake Nakuru, Kenya. *Hydrobiologia*, 458, 121-130.
- Short, A. E. Z. & Hebauer, F. (2006): World Catalogue of Hydrophiloidea – additions and corrections, 1 (1999–2005) (Coleoptera). *Koleopterologische Rundschau*, 76, 315–359.
- Sedell, J. R., Reeves, G. H., Hauer, F. R., Stanford, J. A. & Hawkins, C. P. (1990). Role of Refugia in Recovery from Disturbances: Modern Fragmented and Disconnected River Systems. *Environmental Management*. Vol 14, No. 5, str. 711-724.
- Skinner, W. D. (1985): Night-day drift patterns and the size of larvae of two aquatic insects. *Hydrobiologia*, 124, 283-285.
- Smith, D. N. & Golladay, W. S. (2011). Coleoptera indicator species in wet vs. dry climate regimes in three southwestern Georgia wetland types. *Proceedings of the 2011. Georgia Water Resources Conference*, held April 11–13, 2011, at the University of Georgia.
- Smith, H. & Wood, P. J. (2002). Flow permanence and macroinvertebrate community variability in limestone spring systems. *Hydrobiologia*, 487, 45–58.
- Smock, L. A. (1996). Macroinvertebrate movements: drift, colonization, and emergence. In: Hauer, F. R. & Lamberti, G. A. (eds.) *Methods in stream ecology*. Academic Press, San Diego. str. 371-406.
- Sousa, W. P. (1984). The role of disturbance in natural communities. *Ann. Review Ecol. Syst.*, 15, 353–391.
- Southwood, T. R. E., May, R. M., Hassell, M. P. & Conway, G. R. (1974). Ecological strategies and population parameters. *Amer. Natur.*, 108, 791-804.

- Southwood, T. R. E. (1977). Habitat, the templet for ecological strategies. *Journal of Animal Ecology*, 46, 337-365.
- Southwood, T. R. E. (1978). *Ecological methods (with particular reference to the study of insect populations)*, Chapman and Hall, London.
- Southwood, T. R. E. (1988). Tactics, strategies and templets. *Oikos*, 52, 3–18.
- Spangler, P. J. (1981). *Aquatic Biota of Tropical South America. Part 1: Arthropoda*. San Diego State University, San Diego, California, 323 str.
- Stamou, G. P. (1998). *Arthropods of Mediterranean-Type Ecosystems*. Springer-Verlag. Berlin. 135 str.
- Stanley, E. H., Buschman D. L., Boulton A. J., Grimm N. B. & Fisher S. G. (1994). Invertebrate resistance and resilience to intermittency in a desert stream. *American Midland Naturalist*, 131, 288–300.
- Stanley, E. H., Fisher, S. G. & Grimm, N. B. (1997). Ecosystem expansion and contraction in streams. *BioScience*, 47, 427–435.
- Stanley, E. H. & Fisher, S. G. (1992). Intermittency, disturbance, and stability in stream ecosystems. Pages 271-280 in R.D. Robarts and M.L. Bothwell, editors. *Aquatic ecosystems in semiarid regions: implications for resource management*. NHRI Symposium Series 7. Environment Canada, Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- Stanley, R. H. R., Buesseler, K. O., Manganini, S. J., Steinberg, D. K. & Valdes, J. R. (2004). A comparison of major and minor elemental fluxes collected using neutrally buoyant and surfacetethered traps. *Deep-Sea Res. I*, 51, 1387-1395.
- Statzner, B., Hildrew, A. G. & Resh, V. H. (2001). Species traits and environmental constraints: Ecological research and the history of ecological theory. *Ann. Rev. Entomol.*, 46, 291-316.
- Statzner, B., Hoppenhaus, K., Arens, M. F. & Richoux, P. (1997). Reproductive traits, habitat use and templet theory: a synthesis of world-wide data on aquatic insects. *Freshwat. Biol.*, 38, 109-135.
- Staudacher, K. & Füreder, L. (2007). Habitat complexity and invertebrates in selected alpine springs (Schütt, Carinthia, Austria). *Int. Rev. Hydrobiol.*, 92, 465-479.
- Stearns, S. C. (1992). *The evolution of life histories*. Oxford University Press, New York.
- Steinmann, P. (1915). *Praktikum der Süßwasserbiologie*. Bornträger, Berlin.
- Stevanović, V. & Vasić. V. (1995): Značaj očuvanja biodiverziteta Jugoslavije - u knjizi Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja. Biološki fakultet i Ecolibri, Beograd.str.1-74.

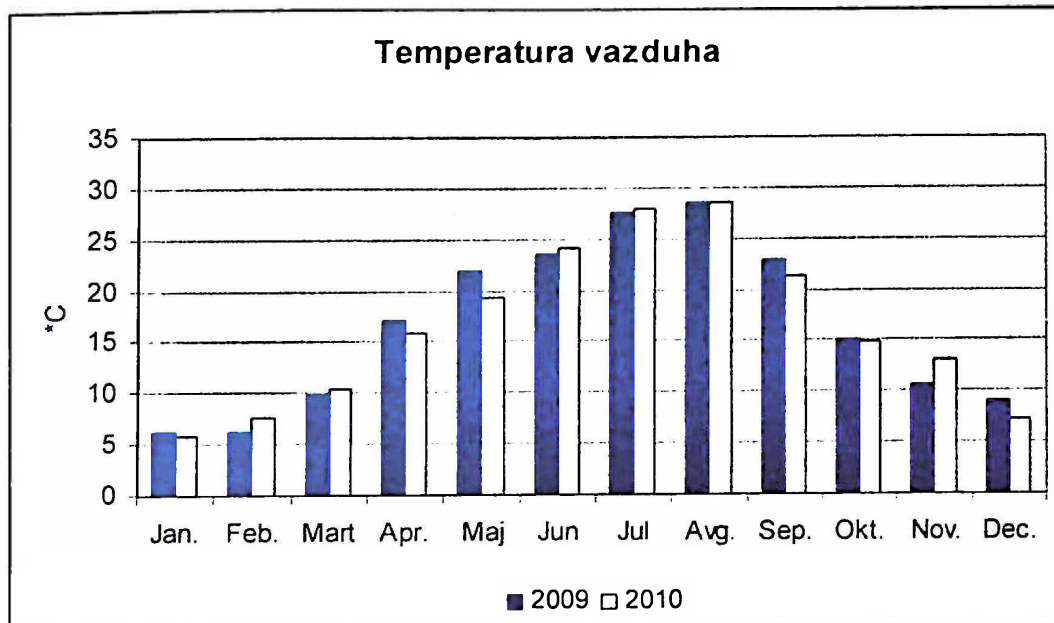
- Stewart, A. J. A., John, E. A. & Hutchings, M. J. (2000). The world is heterogeneous: ecological consequences of living in a patchy environment. In: Hutchings, M. J.; John, E. A. & Stewart, A. J. A. (eds.). *The Ecological Consequences of Environmental Heterogeneity*. British Ecological Society. Blackwell Science. 1-8 str.
- Tate, C. M. & Heiny, J. S. (1995). The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwat. Biol.*, 33, 439–454.
- Tátrai, I., Lammens, E. H., Breukelaar, A. W. & Klein Breteler, J. G. P. (1994). The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Arch. Hydrobiol.*, 131, 309–320.
- Tátrai, I., Lammens, E. H., Breukelaar, A. W. & Klein Breteler, J. G. P. (1994). The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Arch. Hydrobiol.*, 131, 309–320.
- Thienemann, A. (1926). Hydrobiologische Untersuchungen an kalten Quellen und Bächen der Halbinsel Jasmund auf Rügen. *Archiv für Hydrobiologie*, 17, 221-331.
- Teal, J. M. (1957). Community metabolism in a temperate cold spring. *Ecological Monographs*, 27, 283-302.
- Townsend, C. R., Hildrew, A. G. & Francis, J. (1983). Community structure in some southern English streams: the influence of physicochemical factors. *Freshwat. Biol.*, 13, 521–544.
- Townsend, C. R. (1989). The patch dynamics concept of stream community ecology. *Journal of North American Benthological Society*, 8, 36-50.
- Townsend, C. R. & Hildrew, A. G. (1994). Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology*, 31, 265–275.
- Townsend, C. R., Scarsbrook, M. R. & Dolédec, S. (1997). Quantifying disturbance in streams: alternative measures of disturbance in relation to macroinvertebrate species traits and species richness. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 16(3), 531-544.
- Travis, J. M. J. & Dytham, C. (1999). Habitat persistence, habitat availability and the evolution of dispersal. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 266, 723-728.
- Tronstad, L. M., Tronstad, B. P. & Benke, A. C. (2005). Invertebrate seedbanks: rehydration of soil from an unregulated river floodplain in the south-eastern U.S.A. *Freshwater Biology*, 50, 646–655.
- Uys, M. C. & O'Keefe, J. H. (1997). Simple words and fuzzy zones: early directions for temporary river research in South Africa. *Environmental Management*, 21, 517-531.

- Valladares, L. F., Garrido, J. & Garcia-Criado, F. (2002). The assemblages of aquatic Coleoptera from shallow lakes in the northern Iberian Meseta: Influence of environmental variables. *Eur. J. Entomol.*, 99, 289-298.
- Vandermeer, J. (1972). Niche Theory. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 3, 107-132.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 130-137.
- Vanote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37, 130-137.
- Velasco, J. & Millán, A. (1998). Insect dispersal in a drying desert stream: effects of temperature and water loss. *Southwestern Naturalist*, 43, 80-87.
- Verberk, W. C. E. P., Van Duinen, G. A., Peeters, T. M. J. & Esselink, H. (2001). Importance of variation in water-types for water beetle fauna (Coleoptera) in Korenburgerveen, a bog remnant in the Netherlands. *Proceedings Experimental and Applied Entomology*, 12, 121-128.
- Verberk, W. C. E. P., Brock, A. M. T., Van Duinen, G. A., van Es, M., Kuper, J. T., Peeters, T. M. J., Smits, M. J. A., Timan, L. & Esselink, H. (2002). Seasonal and spatial patterns in macroinvertebrate assemblages in a heterogeneous landscape. *Proceedings Experimental and Applied Entomology*, 13, 35-43.
- Verberk, W. C. E. P. & Esselink, H. (2003). Restoring fauna diversity requires an integration of animal ecology and landscape ecology. *Landschap*, 20, 3-7. (in Dutch, with English summary).
- Vidal-Abarca, M. R., Suárez, M. L. & Ramírez-Díaz, L. (1996). Tipo: Ramblas/Wadis. En *Management of mediterranean wetlands. III. Case studies 2. Proyecto MEDWET* (eds. Morillo, C. y González, J.L.), Unión Europea. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid, España. str 17-38.
- Vinson, M. R. & Hawkins, C. P. (1998). Biodiversity of stream insects: variation at local, basin and regional scale s. *Annual Review of Entomology*, 43, 271-193.
- Voshell, J. & Reese, Jr. (2002). *A Guide to Common Freshwater Invertebrates of North America*. The McDonald and Woodward Publishing Company. Blacksburg, VA.
- Wallace, J. B. (1990). Recovery of lotic macroinvertebrate communities from disturbance. *Environ Manage*, 14, 605–620.

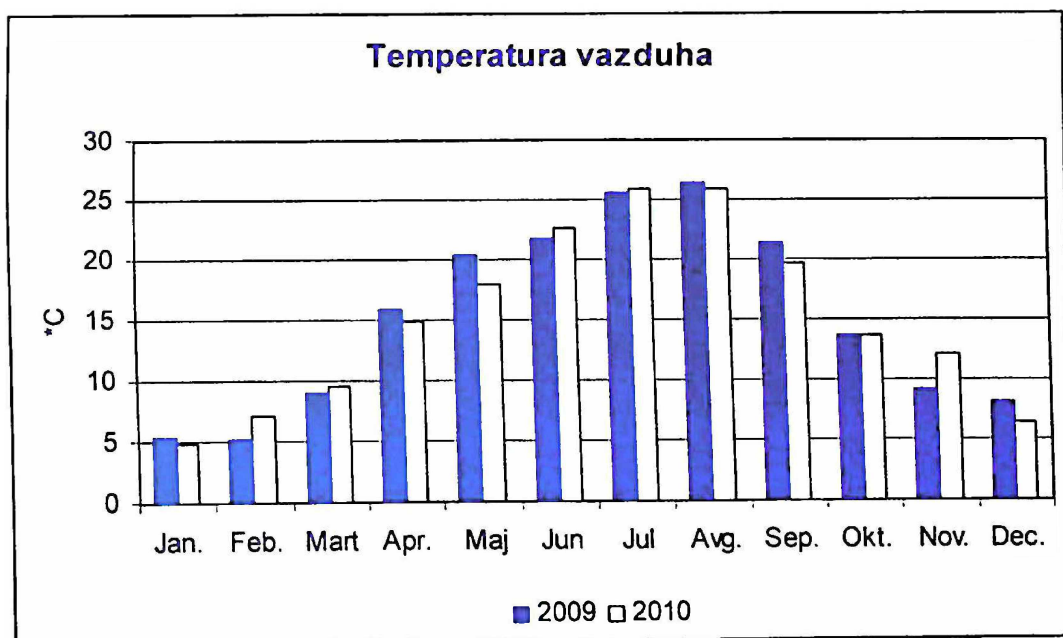
- Wallace, J. B. & Webster, J. R. (1996). The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*, 41, 115-139.
- Wallace, J. B. & Eggert, S. L. (2009). Benthic Invertebrate Fauna, Small Streams. *Encyclopedia of Inland Waters*, vol.2, str.173-190.
- Ward, J. V. & Dufford, R. G. (1979). Longitudinal and seasonal distribution of macroinvertebrates and epilithic algae in a Colorado springbrook-pondsystem. *Archiv für Hydrobiologie*, 86, 284-321.
- Ward, J. V. & Stanford, J. A. (1983). The serial discontinuity concept of lotic ecosystems, Dynamics of Lotic Ecosystems. In: *The Dynamics of Lotic Ecosystems*, T.D. Fontaine, III and S.M. Bartell (eds.). Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI. str. 29-42.
- Waters, T. F. (1972): The drift of stream insects. *Ann. Rev. Ent.*, 17, 253-272.
- Waters, T. F. (1965): Interpretation of invertebrate drift in streams. *Ecology*, 46, 327-334.
- Whiles, M. R. & Wallace, J. B. (1995). Macroinvertebrate production in a headwater stream during recovery from anthropogenic disturbance and hydrologic extremes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52, 2402-2422.
- White, P. S. & Harrod, J. (1997). Disturbance and diversity in a landscape context. In: Bissonette, J. A. (ed.). *Wildlife and Landscape Ecology: Effects of Pattern and Scale*. Springer-Verlag. New York. 128-159 str.
- Webb, D. W., Wetzel M. J., Reed P. C., Philippe L. R. & Young, T. C. (1998). The macroninvertebrate biodiversity, water quality, and hydrogeology of ten karst springs in the Salem Plateau of Illinois. In: *Studies in Crenobiology. The biology of springs and springbrooks* (Ed L. Botosaneanu), str. 39-48. Backhuys Publishers, Leiden.
- Wiens, J. A. (2000). Ecological heterogeneity: an ontogeny of concepts and approaches. In: Hutchings, M. J.; John, E. A.; Stewart, A. J. A. (eds.). *The ecological consequences of environmental heterogeneity*. Blackwell Science. Oxford. 9-32 str.
- Williams, D. D. & Hynes, H. B. N. (1976a). The recolonization mechanisms of stream benthos. *Oikos*, 27, 265-272.
- Williams, D. D. & Hynes, H. B. N. (1976b). The ecology of temporary streams I. The fauna of two Canadian streams. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 61, 761-787.
- Williams, D. D. (1987). *The ecology of temporary waters*. Croom Helm, London & Sidney, Timber Press, Portland, Oregon. 205 str.
- Williams, D. D. (1991). Life history traits of aquatic arthropods in springs. *Mem. Ent. Soc. Can.*, 155, 63-87.

- Williams, D. D. (1996). Environmental constraints in temporary fresh waters and their consequences for the insect fauna. *J. N Am. Benthol. Soc.*, 15, 634-650.
- Williams, D. D. (1977). Movements of benthos during the re-colonization of temporary streams. *Oikos*, 29, 306-312.
- Williams, D. D. (1997). Temporary ponds and their invertebrate communities. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 7, 105-117.
- Williams, D. D. (2001). *The Ecology of Temporary Waters*. The Blackburn Press, Caldwell, New Jersey.
- Williams, D. D. & Hynes, H. B. N. (1976). The recolonization mechanisms of stream benthos. *Oikos*, 27, 265-272.
- Williams, D. D. (2006). *The Biology of Temporary Waters*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Wiggins, G. B., Mackay, R. J. & Smith, I. M. (1980). Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary ponds. *Arch Hydrobiol Suppl.*, 58, 97-206.
- Wishart, M. J. (1998). Temporal variations in a temporary sandbed stream. MSc. Thesis. University of Cape Town. South Africa.
- Wood, P. J. & Petts, G. E. (1999). The influence of drought on chalk stream macroinvertebrates. *Hydrological Processes*, 13, 387-399.
- Wood, P. J., Gunn, J., Smith, H. & Abas-Kutty, A. (2005). Flow permanence and macroinvertebrate community diversity within groundwater dominated headwater streams and springs. *Hydrobiologia*, 545, 55-64.
- Woodward, G. & Hildrew, A. G. (2002). Body-size determinants of niche overlap and intraguild predation within a complex food web. *J. Anim. Ecol.*, 71, 1063-1074.
- Wright, J. F., Moss, D., Armitage, P. D. & Furse, M. T. (1984). A preliminary classification of running-water sites in Great Britain based on macro-invertebrate species and the prediction of community type using environmental data. *Freshwat. Biol.*, 14, 221-256.
- Yount, J. F. & Niemi, G. J. (1990). Recovery of lotic communities and ecosystems from disturbance- a narrative review of case studies. *Environ. Man.*, 14, 547-569.
- Zaimes, G. & Emanuel, R. (2006). *Streams Processes for Watersheds Stewards. Part II: Stream Classifications*. Cooperative Extension, College of Agriculture and Life Sciences, The University of Arizona. Tucson, Arizona 85721, 15-22.

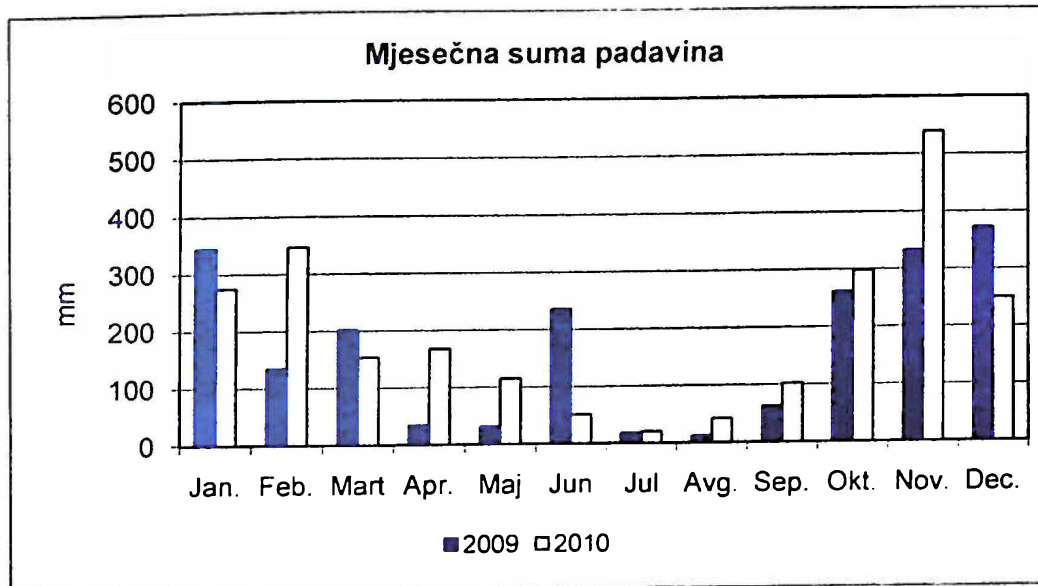
VII PRILOZI



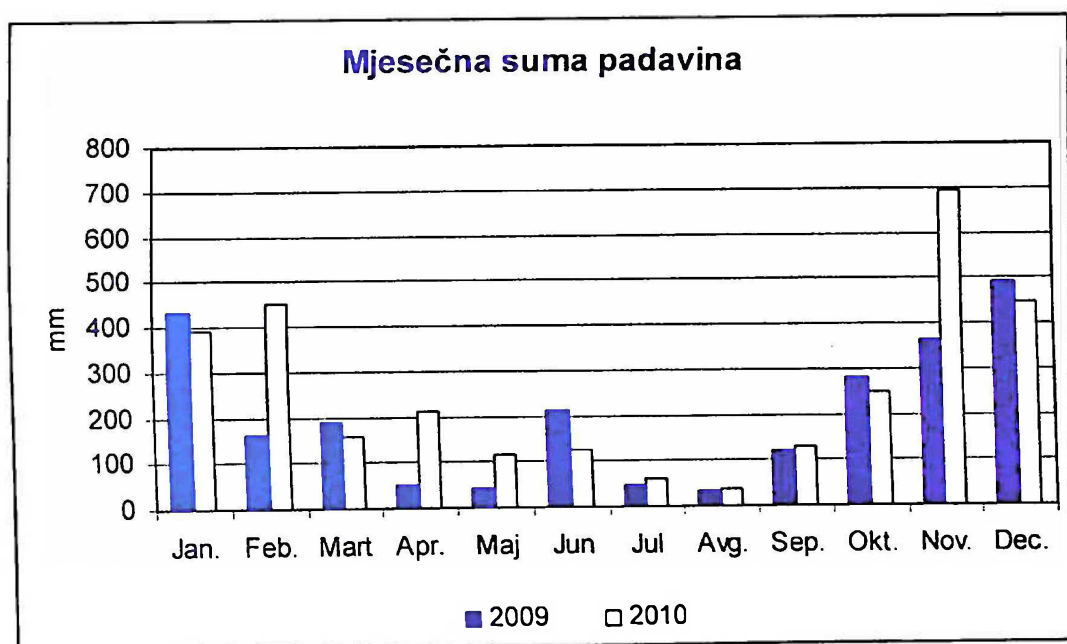
Slika 3. Grafički prikaz temperature vazduha za 2009/2010. godinu, za područje Podgorice



Slika 4. Grafički prikaz temperature vazduha za 2009/2010 godinu, za područje Danilovgrada



Slika 5. Grafički prikaz količine padavina za 2009/2010 godinu, za područje Podgorice



Slika 6. Grafički prikaz količine padavina za 2009/2010 godinu, za područje Danilovgrada

Tabela 1. Lokaliteti na prostoru Crne Gore gdje su sakupljene vodene Coleoptera

<i>Skrać.</i>	<i>Lokaliteti</i>	<i>Koordinate</i>	<i>N.v. (m)</i>	<i>Staništa</i>
MNE 1	Podgorica, selo Bandići, izvor "Vriješko vrelo"	42°29'03"N, 19°09'14"E	35	reokreni izvor
MNE 2	Podgorica, selo Bandići, izvor "Crno oko"	42°28'52.69"N, 19°08'46.63"E	32	limnokreni izvor
MNE 3	Skadarsko jezero, Rijeka Crnojevića, bara u blizini rijeke Crnojevića	42°21'19.10"N, 19°01'14.77"E	8	bara
MNE 4	Ulcinj, izvor u selu Mrkojevići (na putu za Šasko jezero)	42°02'58.60"N, 19°14'03.73"E	652	izvor srednje veličine
MNE 5	Skadarsko jezero, Virpazar	42°14'56.58"N, 19° 05'21.61"E	9	plavne livade
MNE 6	Lukavica Pl., Bare Bojovića, potok	42°42.823"N, 19°13.983"E	1475	srednji dio potoka
MNE 7	Lukavica Pl., izvor "Babino sićelo"	42° 48.436"N, 19°11.328"E	1597	limnokreni izvor
MNE 8	Danilovgrad, rijeka Sušica, kod Oraške jame	42°31.820"N, 19°06.162"E	22	gornji dio potoka
MNE 9	Podgorica, Piperi, selo Gornji Crnci, izvor	42°31.787"N, 19°13.867"E	440	reokreni izvor
MNE 10	Podgorica, selo Pričelje, mali potok, pritoka rijeke Zete	42°30.471"N, 19°13.347"E	50	gornji dio potoka
MNE 11	Durmitor, Žabljak, izvor u blizini Crnog jezera	43°08'54.44"N, 19°05'42.26"E	1430	srednji dio potoka
MNE 12	Plav, Rijeka Lim	42°37'05.53"N, 19°55'51.39"E	907	rijeka
MNE 13	Danilovgrad, selo Martinići, potok Rimanić	42°32.529' N, 19°11.419"E	52	srednji dio potoka
MNE 14	Ulcinj, Šasko jezero	41°59'02.58"N, 19°19'04.25"E	2	jezero
MNE 15	Danilovgrad, selo Lazine	42°33'05.94"N 19°07'30.58"E	48	bara
MNE 16	Podgorica, izvor "Kaludерово oko"	42°22.661"N, 19°08.947"E	8	limnokreni izvor
MNE 17	Kolašin, selo Velje Duboko, rijeka Mrtvica	42°46.686"N, 19°17.233"E	757	rijeka
MNE 18	Skadarsko jezero, selo Vranjina, izvor kod Manastira	42°16'36.46"N, 19°08'06.13"E	96	limnokreni izvor
MNE 19	Ponikvica Pl., Brajovićka Ponikvica	42°38.861"N, 19°17.520'E	1455	bara
MNE 20	Ponikvica Pl., Martinićka Ponikvica, izvor I	42°40.617"N, 19°15.475'E	1403	reohelokreni izvor
MNE 21	Ponikvica Pl., Martinićka Ponikvica, izvor II	42°39.830"N, 19°16.245'E	1394	reohelokreni izvor

nastavak tabele 1				
MNE 22	Pljevlja, bara u selu Kozica	43°14'36.91"N 19°32' 43.95"E	1329	bara
MNE 23	Pljevlja, Vrulja selo, izvor Derovina	43°13'44,11"N, 19° 27' 57.26"E	973	reokreni izvor
MNE 24	Pljevlja, Kozička rijeka, kod sela Kozica	43°14'12.00"N, 19°30'36.71"E	1059	srednji dio potoka
MNE 25	Lukavica Pl., Kapetanovo Jezero	42°48.542"N, 19°13.534"E	1640	jezero
MNE 26	Pivsko Jezero, kod Plužina	43°09'09.7"N, 18°50'22.2"E	661	jezero
MNE 27	Mojkovac, rijeka Tara, kod mosta na putu za Žabljak	42°55'18.04"N, 19°34'41.57"E	838	rijeka
MNE 28	Žabljak, bara kod Crnog jezera	43°08'30.49"N, 19°05'04.85"E	1465	bara
MNE 29	Pljevlja, rijeka Čehotina	43°20'22.44"N, 19°21'36.48"E	757	rijeka
MNE 30	Danilovgrad, rijeka Zeta	42°33'18.73"N, 19°06'13.65"E	51	rijeka
MNE 31	Kolašin, rijeka Tara, 2 km od ulaza u NP "Biogradska Gora"	42°49'30.54"N, 19°30'50.28"E	934	rijeka
MNE 32	NP "Biogradska Gora", Biogradsko jezero	42°54'01.97"N, 19°35'46.12"E	1119	jezero
MNE 33	Rijeka Tara, kod Kolašina	42°49'28.22"N, 19° 30' 36.89" E	945	rijeka
MNE 34	Nikšić, selo Zavrh, Rijeka Zeta	42°48'39.13"N, 18°55'29.99"E	619	rijeka
MNE 35	Podgorica, Mareza	42°28'35.23"N, 19°11'08.84" E	42	bara
MNE 36	Podgorica, Rijeka Morača, kod Duklje	42°27'59.57"N, 19°15'59.76"E	36	rijeka
MNE 37	Skadarsko Jezero, Virpazar, izvor "Dobra voda"	42°13'58.85"N, 19°05'18.17"E	60	reokreni izvor
MNE 38	Nikšić, selo Vidrovan, potok od izvora Vukovo Vrelo	42°51'13.73"N, 18°56'29.15"E	651	gornji dio potoka
MNE 39	Nikšić, selo Vidrovan, izvor "Vukovo Vrelo"	42°51'11.50"N, 19°55'51.26"E	631	reokreni izvor
MNE 40	Nikšić, rijeka Zeta, kod sela Zavrh	42°48'39.13"N, 18°55'29.99"E	619	rijeka
MNE 41	Šavnik, rijeka Bukovica	42°58'11.55"N, 19°09'15.98"E	1388	srednji dio potoka
MNE 42	Danilovgrad, selo Martinići, potok Rimanić – donji dio 2	42°31.566"N, 19°11.607"E	103	srednji dio potoka
MNE 43	Danilovgrad, selo Martinići.	42°33'10.70"N,	172	reokreni

nastavak tabele 1				
MNE 44	Danilovgrad, Gornji Martinići, izvor u selu Glizica	42°33'24.24"N, 19°11'44.53"E	224	reokreni izvor
MNE 45	Podgorica, selo Daljam, izvor "Kraljičino oko"	42°29'15.47"N, 19°10'13.41"E	35	limnokreni izvor
MNE 46	Podgorica, Mareza, izvor na putu prema selu Daljam	42°28'37.77"N, 19°11'10.79"E	39	limnokreni izvor
MNE 47	Podgorica, Piperi, izvor "Mrtvak"	42°31'04.00"N, 19°15'17.37"E	453	reokreni izvor
MNE 48	Budva, selo Jaz, rijeka Jaz	42°17'06.97"N, 18°48'26.05"E	30	donji dio potoka
MNE 49	Pljevlja region, selo Barice, Barička rijeka	43°06'03,92"N, 19°27'55.53" E	1447	srednji dio potoka
MNE 50	Plav, Gusinje, rijeka Grnčar	42°33'27,72"N, 19°50'17.56"E	920	donji dio potoka
MNE 52	Podgorica, Spuž, Zeta Rijeka	42°30.604"N, 19°12.095"E	40	rijeka
MNE 53	Pljevlja, selo Zenica, izvor kod Malovog potoka	43°21'30.32"N, 19°21'53.16"E	820	reokreni izvor
MNE 54	Rumija, Međuriječke planine, izvor	42°03'30.36"N, 19°14'12.96"E	761	reokreni izvor
MNE 55	Podgorica, bara, kod izvora "Kaluderovo oko"	42°22.316"N, 19°09.646"E	11	bara
MNE 56	Danilovgrad, selo Gornji Martinići, izvor "Pištet"	42°30'53.24"N, 19°11'49.13"E	113	reokreni izvor

TAKSON	14.02. 2009.	21.03 2009.	27.04. 2009.	28.05. 2009.	27.06. 2009.	21.07 2009.	22.08. 2009.	19.09. 2009.	17.10. 2009.	22.11. 2009.	20.12. 2009.	27.01. 2010.	28.02. 2010.
Nematodes	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	7	3	4
Asiatropoda	52	43	62	46	89	292	140	637	584	231	135	44	223
Trivalvia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	2
Poligochaeta	7	15	12	7	22	8	0	0	2	6	10	2	2
Lirudinea	1	4	7	18	18	19	13	7	6	13	9	12	37
Carina	4	5	21	21	24	25	26	19	32	36	54	84	53
Stracoda	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Sopoda	15	10	10	5	7	17	23	12	82	42	6	1	5
Amphipoda	36	28	48	49	41	38	43	19	222	227	18	6	26
Collembola	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	4	3
Donata	2	3	8	5	5	6	15	16	47	11	0	0	1
Ephemeroptera	11	145	368	264	212	155	80	4	11	13	0	1	18
Plecoptera	80	8	0	3	14	17	16	6	5	18	4	9	27
Trichoptera	31	43	29	52	36	83	133	33	27	24	3	2	8
Coleoptera	10	21	38	111	270	328	91	52	62	37	11	12	106
Diptera	13	42	94	123	66	162	585	72	538	21	50	42	51
Heteroptera	0	0	0	0	0	12	10	4	6	0	1	1	1
Neuroptera	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
arvae													
JKUPNO	271	368	701	704	805	1328	1292	1053	1655	806	313	232	659

dae

s angustatus
us intermedius
nus fuscipes
bosnica ssp.

0	1	2	3	7	11	9	2
			1	2	4	3	
				1	2	0	1
						5	

PNO	8	12	18	100	261	322	91	42	40	25	8	9	91
-----	---	----	----	-----	-----	-----	----	----	----	----	---	---	----

EOPTERA LARVE

cidae larvae
lae larvae
lidae larvae

2	1	16	3	2	1	1					1	2	
	8	4	8	6	5	8	10	21	12	12	2	1	15
				1									

PNO	2	9	20	11	9	6	9	10	21	12	3	3	15
-----	---	---	----	----	---	---	---	----	----	----	---	---	----

TAKSON	11.8. 2009.	12.9. 2009.	10.10. 2009.	22.11. 2009.	20.12. 2009.	28.01. 2010.	28.02. 2010.	28.03. 2010.	24.04. 2010.	22.05. 2010.	24.06. 2010.	26.07. 2010.
MATODES	0	0	0	4	0	0	1	0	5	0	2	0
TROPODA	7851	3484	3282	585	666	1061	376	2061	1383	4442	2588	3931
ALVIA	68	71	76	119	3	17	14	108	82	68	127	194
GOCHAETA	7	9	4	52	0	4	2	79	57	3	81	210
UDINEA	0	0	01	13	0	8	30	37	58	12	17	10
ARINA	0	0	1	7	52	105	23	4	16	5	3	9
PHIPODA	192	115	66	322	256	713	498	325	1291	319	968	1428
PODA	237	263	35	216	117	306	192	74	576	214	279	1052
LLEMBOLA	0	0	0	0	0	1	1	2	20	2	1	1
ONATA	10	9	17	6	0	1	3	13	7	6	12	19
TERA	132	0	176	138	101	90	128	122	127	49	774	848
[CHOPTERA	40	25	27	27	17	33	18	24	16	12	45	450
LEOPTERA	64	49	25	11	23	10	75	16	27	446	147	227
TEROPTERA	1	22	25	1	3	0	0	20	21	27	39	23
HEMEROPTERA	0	2	2	15	100	28	33	53	35	42	21	11
ECOPTERA	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0
PIDOPTERA	0	0	0	1	0	0	0	0	4	3	2	0
JUPNO	8602	4049	3737	1517	1338	2377	1396	2942	3725	5650	5106	8413

Tabela 3. Spisak identifikovanih vrsta i broj sakupljenih jedinki vodenih Coleoptera u izvoru rister

TAKSON	11.08. 2009.	12.09. 2009.	10.10. 2009.	22.11. 2009.	20.12. 2009.	28.01. 2010.	27.02. 2010.	28.03. 2010.	24.04. 2010.	22.05. 2010.	24.06. 2010.	26.07. 2010.	30.08. 2010.
ae						1					1	1	
<i>Lineatocollis</i>													
ae							1						
<i>phus geminus</i>													
<i>us dobrogaeanus</i>										1			
<i>us ferrugineus</i>										1			
<i>us pubescens</i>	2	25	12				1		5	112	16	23	16
<i>us tessellatus</i>									2	29	5	10	10
<i>es moestus inconspicuous</i>										1		1	1
<i>es halensis</i>		2									2	6	11
<i>ipustulatus</i>	5	5	10	2					3	14	16	21	16
<i>uttatus</i>		2					1		1		5	13	1
<i>halconatus</i>		1											
<i>ulcatus</i>													
<i>lateralimarginalis</i>	1												1
oridae										123	19	2	
<i>rus brevipalpis</i>													
<i>pis</i>									4	17	1		
<i>rus obscurus</i>									1	105			
<i>negrinus</i>													
philidae													
<i>na limbata</i>	18								1	37	68	66	1
<i>us obscuratus meridionalis</i>	10						24	3		1	5	21	5
enidae													
<i>na nigrita</i>		12	2			1	4	1	2			3	3
ae													
<i>osnica</i>									2			1	
NO	36	47	24	2	0	2	31	4	21	441	133	163	65

[illegible]

TAKSON	27.12. 2008.	31.01. 2009.	28.02. 2009.	22.03. 2009.	30.04. 2009.	31.05. 2009.	30.06. 2009.	27.07. 2009.	29.08. 2009.	29.09. 2009.	31.10. 2009.	30.11. 2009.	30.12. 2009.
ARBELLARIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
EMATODA	0	6	0	1	0	8	0	0	0	0	5	0	0
ASTROPODA	193	1168	954	703	1652	1880	1989	2061	1907	2436	298	974	513
VALVIA	26	108	4	156	46	74	167	255	276	381	38	8	4
LIGOCHAETA	3	6	4	68	3	8	72	168	1	290	19	3	4
IRUDINEA	0	2	3	2	7	2	2	4	18	37	12	17	7
HELICERATA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
OCCON													
carina	61	87	6	8	69	70	13	25	18	91	17	104	54
MPHIPODA	51	249	19	28	187	186	151	225	193	215	186	518	574
POPODA	45	26	7	21	17	32	2	14	7	22	12	91	37
OLLEMBOLA	9	2	0	1	0	3	0	0	0	0	6	1	0
DONATA	1	30	14	4	30	47	27	41	14	45	10	35	44
PHEMEROPTERA	30	35	80	54	474	60	46	46	15	165	109	79	96
IPTERA													
Larva	101	153	193	17	227	100	161	105	195	495	79	189	363
Pupae	0	0	0	0	0	0	35	60	20	37	3	5	3
MOLEOPTERA													
Adult	5	30	2	78	37	51	219	179				12	5
Larve	12	19	19	24	76	10	29	32	64	528	24	138	13
RICHOPTERA													
Larve	20	315	38	58	94	203	17	52	228	234	77	236	280
Pupae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	9	0
ETEROPTERA	1	1	0	0	7	1	40	14	16	19	7	2	6
MEGALOPTERA	10	0	1	3	37	0	53	114	53	80	38	5	11
EPIDOPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Neodredeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
JKUPNO	563	2274	1374	1211	2924	2833	3039	3388	3007	5340	1983	3436	2052

TAKSON	27.12. 2008.	31.01. 2009.	28.02 2009.	22.03. 2009.	30.04. 2009.	31.05. 2009.	30.06. 2009.	27.07. 2009.	29.08. 2009.	29.09. 2009.	31.10. 2009.	30.11. 2009.	30.12. 2009.
Calipidae													
<i>eltodytes caesus</i>								1					
<i>Caliphus laminates</i>	1	16	3	2		1			1				
<i>Caliphus lineatocollis</i>		3											
Hyttiscidae													
<i>Hydroglyphus geminus</i>								9	8	46	5	1	
<i>Hydessus delicatulus</i>						2	1						
<i>Hydessus muelleri</i>	2	3	32	37			8	6	2	45	13	7	3
<i>Hydroporus dobrogeanus</i>					6				1				
<i>Hydroporus pubescens</i>					3	3	2	1	3				
<i>Hydroporus striola</i>					2	4	4	2					
<i>Graptodytes veterator</i>	1				3	2	22	21	3	6	2		
<i>Opelatus haemorrhoidalis</i>							1						
<i>Agabus bipustulatus</i>					1			1					
<i>Hybius chalconatus</i>						1							
Hydrochidae													
<i>Hydrochus flavipennis</i>				1	6	4	15	5	2	3			
Helophoridae													
<i>Helophorus brevipalpis</i>						4	2						
<i>Helophorus montenegrinus</i>						1							
Hydrophilidae													
<i>Enochrus nigrinus</i>						1	1	20	17	4			
<i>Helochaeres lividus</i>							2	1	5				
<i>Laccobius bipunctatus</i>		2			1			6	7	3	16	1	
<i>Berosus luridus</i>							1	1	5	10			
<i>Hydrochara caraboides</i>									1				
<i>Anaceana limbata</i>				1	6	17	49	18	4	2	1		
<i>Paracymus aeneus</i>		1		2		42	24	27	2		1		

[illegible]

	Lok I	Lok II	Lok III	Lok I	Lok II	Lok III	Lok I	Lok II	Lok III	Lok I	Lok II	Lok III	Lok I	Lok II	Lok III	Lok I	Lok II	Lok III
MATODES	2	0	2	2	0	0	8	0	0	0	1	0	2	2	0	2	4	5
STROPODA	4	5	4	4	5	20	15	24	11	13	30	17	14	23	38	24	34	65
IGOCHAETA	0	0	0	0	0	6	9	11	2	2	5	0	2	3	2	18	0	0
RUDINEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	3	0	0	0
ARINA																		
Larva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Oribatida	2	0	2	2	0	1	21	67	23	7	10	16	27	15	22	14	14	91
Trombididae	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	1	2	4	0	1
TRACODA	38	6	38	38	6	246	538	603	42	189	76	237	430	29	278	239	30	140
PEPODA	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	3	12	0	12	1
IPHIPODA	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LLEMBOLA	0	0	0	0	0	0	3	2	14	0	0	0	4	1	0	4	0	0
HEMEROPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
PTERA																		
Adult	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
Larve	10	3	10	10	3	1	13	0	5	24	3	1	55	9	9	28	0	3
Nimfe	4	0	4	4	0	0	0	2	0	7	1	0	5	2	1	6	1	0
Kokon	0	0	0	0	0	7	0	9	2	10	13	29	38	7	13	34	3	12
LEOPTERA																		
Adult	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Larve	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECOPTERA	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	6	7	0	0	10	0	4	3
RMICIDAE	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
TUPNO	61	17	285	425	173	589	608	723	100	254	144	315	580	95	396	377	101	318

[illegible]

[illegible]



PODACI POTREBNI ZA DIGITALIZACIJU DOKTORSKE DISERTACIJE

Ime i prezime autora: Ana Pavićević

Godina rođenja: 1979.

E-mail: anpavicevic@gmail.com

Organizaciona jedinica Univerziteta Crne Gore:

Prirodno-matematički fakultet, Odsjek za Biologiju

Naslov doktorske disertacije:

Sezonska dinamika makroinvertebrata Mareze i Rimanića sa posebnim osvrtom na vodene koleoptere

Prevod naslova na engleski jezik:

Seasonal Dynamics of Macroinvertebrates in the Mareza and Rimanić, with Special Emphasis on Aquatic Coleoptera

Datum odbrane: 20.12.2011.

Signatura u Univerzitetskoj biblioteci¹:

Naslov, sažeci, ključne riječi (priložiti dokument sa podacima potrebnim za unos doktorske disertacije u Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore):

Izjava o korišćenju (priložiti potpisanu izjavu):

Napomena:

¹ Podatak o signaturi (lokaciji) može ispuniti biblioteka organizacione jedinice/Univerzitetska biblioteka

**PODACI POTREBNI ZA UNOS DOKTORSKE DISERTACIJE U DIGITALNI
ARHIV UNIVERZITETA CRNE GORE**

Prevod naslova disertacije na engleski jezik:

Seasonal Dynamics of Macroinvertebrates in the Mareza and Rimanić, with Special Emphasis on Aquatic Coleoptera

Mentor i članovi komisija (za ocjenu i odbranu):

Komisija za ocjenu:

- prof.dr Vladimir Pešić
- prof. dr Drago Marić
- prof. dr Marijana Krivokapić
- dr Sreten Mandić

Komisija za odbranu:

- prof.dr Vladimir Pešić
- prof. dr Drago Marić
- dr Sreten Mandić
- doc.dr Ljiljana Tomović
- doc. dr Sreten Ćurčić

Sažetak²:

U radu su koncipirana dva osnovna zadatka: I faunistička analiza vodenih koleoptera familije Dytiscidae u površinskim vodama Crne Gore, i II sezonska analiza bentoske invertebratske zajednice sa posebnim osvrtom na vodene koleoptere u perenijalnim i periodičnim staništima i njihova uporedna analiza.

I Ukupno su 39 vrste vodenih koleoptera iz familije Dytiscidae sakupljene sa 56 lokaliteta iz Crne Gore u periodu između 2007 i 2010. godine. Dvanaest vrsta i jedna podvrsta su registrovane po prvi put za faunu Crne Gore: *Agabus sturmii* (Gyllenhal, 1808), *A. paludosus* (Fabricius, 1801), *Deronectes moestus inconstans* (Leprieur, 1876), *D. platynotus* (Germar, 1834), *Dytiscus circumcinctus* Ahrens, 1811, *D. dimidiatus* Bergstrasser, 1778, *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, *H. pubescens* (Gyllenhal, 1808), *Ilybius chalconatus* (Panzer, 1797), *I. fuliginosus* (Fabricius, 1792), *I. pseudoneglectus* (Franciscolo, 1972), *Liopterus haemorrhoidalis* (Fabricius, 1787) i *Nebrioporus luctuosus* (Aube, 1838). Polni sistem ženke vrste *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, koja je do sada bila poznata samo na osnovu mužjaka iz južne Makedonije, ilustrovan je po prvi put.

II Uporednom kvalitativnom analizom zajednice bentoskih invertebrata u tri perenijalna staništa (donji tok potoka Rimanić, izvor Pištet i kanal Mareza), ustanovili smo da nema značajnih razlika u strukturi makroinvertebratske zajednice i zajednice vodenih koleoptera. Sastav zajednice vodenih koleoptera na lokalitetu izvor Pištet je najbliži zajednici na lokalitetu donji tok potoka Rimanić, tj. Sorensenov indeks iznosi 0.47, u poređenju sa 0.29 sa lokalitetom Mareza, koji se odlikuje isključivo muljevitim substratom.

² Ukoliko je predviđeni prostor za polja Sažetak, Sažetak na engleskom jeziku, Ključne riječi i Ključne riječi na engleskom jeziku nedovoljan, priložiti ih u posebnom prilogu.

U radu smo istraživali uticaj nestabilnog hidološkog režima (suša i poplava) na zajednicu bentoskih invertebrata na tri lokaliteta u periodičnom dijelu potoka Rimanić, koja se nalaze na različitim udaljenostima od perenijalnog dijela.

Analizom plavnog sedimenta utvrđeno je da u zajednici taksona otpornih na sušenje, koja se pojavljuje u plavnom sedimentu poslije dužeg sušnog perioda, dominiraju ostrakode i sa manjom gustoćom oribatide, kao i manji broj insektskih taksona. NMDS ordinacija je pokazala da ne postoje značajne razlike u sastavu zajednice između tri istraživana lokaliteta, ali je pokazala razlike u odnosu na periode kad je urađeno uzorkovanje ($Rho = 0.47$).

Kvantitativna analiza akvatične zajednice invertebrata u periodičnom dijelu potoka Rimanić, pokazala je da je ova zajednica osjetljiva na sušne uslove, kao i da posjeduje efikasne mehanizme ponovne kolonizacije, ali je proces oporavka od sušnog perioda spor, kako u pogledu ukupne abundančnosti tako i bogatstva taksona. NMDS ordinacija je pokazala da ne postoje značajne razlike u sastavu bentoske invertebratske zajednice, kao i zajednice vodenih koleoptera između tri istraživana lokaliteta, ali je pokazala razlike u odnosu na periode kad je urađeno uzorkovanje (zajednica bentoskih invertebrata, $Rho = 0.596$; zajednica vodenih koleoptera, $Rho = 0.403$).

Naša istraživanja su pokazala da se zajednica vodenih koleoptera u periodičnim potocima može uspješno koristiti kao sredstvo monitoringa u procjeni uticaja sušnih uslova na slatkovodna staništa.

Sažetak na engleskom (njemačkom ili francuskom) jeziku:

The following two broad aims were addressed in this study: I Faunistic analysis of aquatic beetles of the family Dytiscidae in Montenegrin surface waters, and II Seasonal analysis of invertebrate assemblage, with particular emphasis on aquatic Coleoptera, in perennial and intermittent habitats and their comparative analysis.

I In total 39 water beetle species the family Dytiscidae were collected from 56 localities in Montenegro between 2007 and 2010. Twelve species and one subspecies are reported for the first time for Montenegro: *Agabus sturmii* (Gyllenhal, 1808), *A. paludosus* (Fabricius, 1801), *Deronectes moestus inconspicuosus* (Leprieur, 1876), *D. platynotus* (Germar, 1834), *Dytiscus circumcinctus* Ahrens, 1811, *D. dimidiatus* Bergstrasser, 1778, *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, *H. pubescens* (Gyllenhal, 1808), *Ilybius chalconatus* (Panzer, 1797), *I. fuliginosus* (Fabricius, 1792), *I. pseudoneglectus* (Franciscuolo, 1972), *Lioporus haemorrhoidalis* (Fabricius, 1787) and *Nebrioporus luctuosus* (Aube, 1838). The female genitalia of *Hydroporus macedonicus* Fery & Pešić, 2006, a rare water beetle previously known only from southern Macedonia, are illustrated.

II The comparative analysis of invertebrate assemblage at of three perennial localities (downstream part of Rimanić stream, spring Pištet and Mareza channel) has not shown significant differences in the structure of macroinvertebrate and water beetles assemblages. The faunal assemblage of aquatic beetles at the sampling site Pištet is most similar to downstream of Rimanić stream i.e., Sorensen index 0.47 compared to 0.29 at the sampling site Mareza, which had a substrate comprised only of mud.

In this study we examined impact of unstable hydrological regime (floods and seasonal drying) on invertebrate fauna from three intermittent sites along Rimanić stream at a different distance from perennial part. The desiccation resistant assemblage that appeared in inundated sediments after long dry periods was dominated by ostracods, and oribatids, with lower densities of a small number of insect taxa. NMDS ordination show no significant changes in assemblage between the studied sites, but reveal changes with date ($Rho = 0.47$).

Analysis of the process of recolonization of the intermittent part Rimanić stream during wet season, shown that invertebrate assemblage is sensitive to dry conditions and have efficient mechanisms of recolonization, but recovered slowly from the drought periods both in terms total abundance and taxa richness. The NMDS ordination indicated that invertebrate and water beetles assemblages show no significant changes in community structure between the studied sites, but reveal changes with date (invertebrate assemblage, $Rho=0.596$; aquatic beetle

assemblage, $Rho=0.403$).

Our study suggest that the water beetle community in intermittent streams may be useful in assessing the long-term impact of unstable hydrological regime on the freshwater habitats.

Ključne riječi:

bentosne makroinvertebrate, vodene koleoptere, sezonska dinamika, periodična vodena tijela

Ključne riječi na engleskom jeziku:

benthic macroinvertebrates, aquatic Coleoptera, seasonal dynamics, intermittent aquatic habitats

Naučna oblast/uža naučna oblast:

Ekologija slatkovodnih ekoistema

Naučna oblast/uža naučna oblast na engleskom jeziku:

Freshwater Ecosystem Ecology

Ostali podaci:

IZJAVA O KORIŠĆENJU

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku da u Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore unese doktorsku disertaciju pod naslovom

Sezonska dinamika makroinvertebrata Mareze i Rimanića sa posebnim osvrtom na vodene Coleoptere

koja je moj autorski rad.

Doktorska disertacija, pohranjena u Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore, može se koristiti pod uslovima definisanim licencom Kreativne zajednice (Creative Commons), za koju sam se odlučio/la³.

Autorstvo

✓ Autorstvo – bez prerada

Autorstvo – dijeliti pod istim uslovima

Autorstvo – nekomercijalno

Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada

Autorstvo – nekomercijalno – dijeliti pod istim uslovima

Ana Pavićević



U Podgorici,
20.06.2026.

³ Odabрати (čekiirati) jednu od šest ponuđenih licenci (kratak opis licenci dat je na poledini ovog priloga)

Autorstvo

Licenca sa najširim obimom prava korišćenja. Dozvoljavaju se prerade, umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio).

Djelo se može koristiti i u komercijalne svrhe.

Autorstvo – bez prerada

Dozvoljava se umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio). Djelo se ne može mijenjati, preoblikovati ili koristiti u drugom djelu.

Licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu djela.

Autorstvo – dijeliti pod istim uslovima

Dozvoljava se umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio). Ukoliko se djelo mijenja, preoblikuje ili koristi u drugom djelu, prerade se moraju distribuirati pod istom ili sličnom licencom.

Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu djela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.

Autorstvo – nekomercijalno

Dozvoljavaju se prerade, umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio).

Komercijalna upotreba djela nije dozvoljena.

Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada

Licenca kojom se u najvećoj mjeri ograničavaju prava korišćenja djela. Dozvoljava se umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio). Djelo se ne može mijenjati, preoblikovati ili koristiti u drugom djelu.

Komercijalna upotreba djela nije dozvoljena.

Autorstvo – nekomercijalno – dijeliti pod istim uslovima

Dozvoljava se umnožavanje, distribucija, javno saopštavanje i prerada djela, pod uslovom da se navede ime izvornog autora (onako kako je izvorni autor ili davalac licence odredio). Ukoliko se djelo mijenja, preoblikuje ili koristi u drugom djelu, prerada se mora distribuirati pod istom ili sličnom licencom.

Djelo i prerade se ne mogu koristiti u komercijalne svrhe.