

UNIVERZITET U BEOGRADU

BIOLOŠKI FAKULTET

Maja J. Raković

**DIVERZITET MEKUŠACA DUNAVA
(1260 - 863,5 RKM)
I TAKSONOMSKA ANALIZA RODOVA
PLANORBARIUS, *RADIX*, *PHYSELLA* I
FERRISSIA (PULMONATA:
BASOMMATOPHORA)**

doktorska disertacija

Beograd, 2015.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF BIOLOGY

Maja J. Raković

**DIVERSITY OF MOLLUSCS
IN THE DANUBE RIVER
(1260 – 863.5 RKM) AND TAXONOMIC
ANALYSIS OF THE GENERA
PLANORBARIUS, *RADIX*, *PHYSELLA*
AND *FERRISSIA* (PULMONATA:
BASOMMATOPHORA)**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2015

MENTORI:

Dr Ivana Živić, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu - Biološki fakultet

Dr Momir Paunović, viši naučni saradnik,
Univerzitet u Beogradu, Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“

ČLANOVI KOMISIJE ZA PREGLED, OCENU I ODBRANU:

Dr Vera Nikolić, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu - Biološki fakultet

Dr Zoran Marković, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet

Dr Vesna Đikanović, naučni saradnik,
Univerzitet u Beogradu, Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“

Datum odbrane: _____

Zahvalnica

Doktorska disertacija „*Diverzitet mekušaca Dunava (1260 - 863,5 rkm) i taksonomska analiza rodova Planorbarius, Radix, Physella i Ferrissia (Pulmonata: Basommatophora)*“ je rezultat istraživanja sprovedenih u okviru projekta „Geološka i ekotoksikološka istraživanja u identifikaciji geopatogenih zona toksičnih elemenata u akumulacijama vode za piće – istraživanje metoda i postupaka smanjivanja uticaja biogeochemijskih anomalija“, ON 176018, od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, pod rukovodstvom dr *Milke Vidović*.

Zahvalnost dugujem dr *Vesni Martinović-Vitanović* i *Vladimiru Kalafatiću*, koji su mi pružili priliku i podršku na samom početku rada na Institutu. *Najda Vama* hvala na mnogim savjetima, prije svega o poslu, ali i životu uopšte.

Veliku zahvalnost dugujem mom mentoru i „šefu“ – dr *Momiru Paunoviću*, koji je otvorio vrata svoje laboratorije, pune pametnih i nasmijanih mladih ljudi, sa kojima je zadovoljstvo saradivati. *Momo* posebno Hvala što nas uvijek podržavate i ističete ono najbolje u svakom od nas. Koleginice – *Bojana, Jelena T., Katarina, Ana, Božice, Marija, Jelena Đ., Margareta* i *Jelena Č-A.*, zatim kolege – dr *Vanja, Stefane* i *Nikola* - uz Vas je lakše, brže i ljepše raditi.

Posebnu zahvalnost dugujem kolegini, kumi, a nadasve velikom čovjeku, dr *Nataši Popović*, sa kojom se odrastanje, studiranje, saradnja na ovom i gotovo svim drugim poslovnim i životnim poduhvatima, gradila na velikoj podršci i osjećaju sigurnosti.

Veoma sam zahvalna mojoj mentorki dr *Ivani Živić*, zbog velike podrške na samom početku rada, uvijek korisnim savjetima i podsticanju.

Zahvaljujem se i članovima komisije dr *Veri Nikolić*, dr *Zoranu Markoviću* i dr *Vesni Đikanović* na korisnim sugestijama koje su doprinele finalnom izgledu ovog rada.

Posebno se zahvaljujem dr *Andjeljku Petroviću* koji je odvojio dragocijeno vrijeme i kao veliki prijatelj ukazao mi na sve potrebne detalje koji su veoma doprinijeli kvalitetu ovog rada.

Zahvaljujem se dr *Gorani Stamenković* koja me je podržala i omogućila da naučim mnogo o praktičnoj primeni znanja iz molekularne biologije.

Dr *Vladimiru Jovanoviću*, veliko hvala, za uvijek korisne savjete, ali i reagense kada mi je to bilo najpotrebnije.

Dr *Sergei Drovetski* Vama hvala, što ste omogućili da i nakon mnogih prepreka, sekvence ipak stignu do mene.

Zahvaljujem se dr *Vidi Jojić* na pomoći oko upotrebe statističkih programa na samom početku rada, ali i dr *Zoranu Gačiću* na kasnijim objašnjenjima i pomoći prilikom primene kompleksnijih programa.

Zahvalnost dugujem i većem dijelu porodice *Tanasković* - dr *Miroslavu*, *Aljoši* i *Mariji*, na zajedničkom radu, podršci i korisnim savjetima.

Zahvaljujem se i prof. dr *Vladimiru Stevanoviću* sa kojim smo započeli istraživanja, veoma interesantne, plavne oblasti Dunava.

Posebno mjesto u ovom poglavlju i mom srcu zauzima moja porodica. *Marko* hvala za pomoć, podršku i ljubav uz koju sve prepreke postaju savladive. Posebnu zahvalnost dugujem mom *Brani*, neiscrpnom izvoru sreće i ljubavi, a posebno za pronalazak prve ljuštore, rijetke vrste, *Theodoxus transversalis*. Veliku zahvalnost dugujem mojoj *majci*, *tati* i *Nenadu*.

- uz *Vas* i snovi postaju stvarnost.

Maja J. Račović

Diverzitet mekušaca Dunava (1260 - 863,5 rkm) i taksonomska analiza rodova
Planorbarius, *Radix*, *Physella* i *Ferrissia* (Pulmonata: Basommatophora)

REZIME

Analiza slatkovodnih mekušaca razmatrana je kroz tri zone glavnog toka Dunava (1260 - 863,5 rkm) kao i plavnoj zoni, na levoj obali reke, od 1082 do 1085 rkm. Uzorci su prikupljeni sezonski (april, jun, septembar i novembar), u tri ponavljanja, uključujući uzorke za analizu fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode i sedimenta. Ovim istraživanjima dat je detaljan pregled sastava i distribucije malakofaune istraživanog dela rečnog toka pri različitim uticajima grupe antropogenih pritisaka. Primenom molekularnih metoda razmatrani su filogenetski odnosi autohtonih i alohtonih vrsta iz reda Basommatophora.

Analizom zajednica akvatičnih makroinvertebrata, uočeno je da plavnu zonu reke karakteriše najveća procentualna zastupljenost insekatskih grupa (61,69%) kao i fitofilnih vrsta slatkovodnih mekušaca (15%). Lokalitete rečne, prelazne i jezerske zone karakteriše velika procentualna zastupljenost pre svega Oligochaeta (37,89%, 63,83%, 83,99%), zatim Bivalvia (38,21%, 24,35%, 16,72%) i Crustacea (15,82%, 31,11%, 13,73%), što predstavlja karakteristične odnose u zajednicama makroinvertebrata reka potamon tipa.

Analizom zajednica slatkovodnih mekušaca zabeleženo je 32 taksona iz 28 rodova i 13 familija u okviru dve klase - Bivalvia i Gastropoda.

Klasa Bivalvia zastupljena je sa 12 taksona iz četiri familije u okviru redova Veneroida i Unionida. Najveći procenat, 92% od ukupnog broja zabeleženih taksona iz klase Bivalvia, zabeležen je na lokalitetima prelazne zone; nešto manji procenat od 75% zabeležen je u jezerskoj zoni; dok je najmanja zastupljenost zabeleženih taksona uočena na lokalitetima rečne zone (41%).

Klasa Gastropoda zastupljena je sa 20 taksona, iz dve potklase, Prosobranchia (Orthogastropoda) i Pulmonata. Posmatrajući raznovrsnost taksona iz klase Gastropoda na istraživanim lokalitetima, najmanji broj taksona uočen je u gornjem delu toka Dunava (20%), dok je najveća raznovrsnost zabeležena u plavnoj zoni gde je nađeno 55% od ukupnog broja zabeleženih taksona. U srednjem delu toka Dunava, prelaznoj

zoni, nađeno je 40% taksona, dok je u jezerskoj zoni zabeleženo prisustvo 45% od ukupnog broja zabeleženih taksona.

U zabeleženoj malakofauni, šest vrsta su introdukovane u vode Dunava. Ponto-kaspijski relikti su *Dreissena polymorpha* i *Dreissena rostriformis bugensis*, zatim istočno azijske školjke *Corbicula fluminea* i *Sinanodonta woodiana* i Severno Američki puževi *Physella acuta* i *Ferrissia* sp. Nova vrsta za faunu mekušaca Srbije zabeležena u ovim istraživanjima je *Dreissena rostriformis bugensis* u klasi Bivalvia i rod *Ferrissia* sp. u klasi Gastropoda.

Rezultati CCA ukazuju na izdvajanje taksona iz familije Dreissenidae na lokalitetima rečne zone, čije je prisustvo uslovljeno uslovima staništa i to ukupnom tvrdoćom vode, koncentracijom Mg i pH vrednošću. Druga grupa izdvojenih taksona pokazuju pozitivnu korelisanost sa prisustvom nitrita u vodi (*Unio crassus*, *Bithynia tentaculata* i *Viviparus viviparus*).

Dobijeni rezultati CCA zavisnosti varijabilnosti malakofaune i prisustva organskih mikropolutanata, teških i toksičnih metala u sedimentu, ukazuju na izdvajanje taksona iz familije Dreissenidae, usled pozitivne korelacije sa prisustvom Cd, Hg i PAH u sedimentu. Vrsta *Teodoxus fluviatilis* je u korelaciji sa prisustvom PAH, dok je *Lithoglyphus naticoides* bio korelisan sa prisustvom Ni u sedimentu.

Analiza filogenetskih odnosa odabranih vrsta iz reda Basommatophora sa prostora Evrope, Azije i SAD, urađena je na osnovu 54 sekvenci (16S rDNK i COI). Ispitivane sekvence za 16S rDNK bile su dužine 359 bp odnosno 315 bp za COI. Kao spoljna grupa korišćena je – *Siphonaria* sp., marinska vrsta iz reda Basommatophora.

Dobijeni filogrami Bayesian analizom i ML metodom bili su slične topologije, i jasno su se izdvojile očekivane haplogrupe, prema taksonomskoj podeli u tri familije: Planorbidae, Lymnaeidae i Physidae. Genetičke p-distance za 16S rDNK gen, između haplogrupa Physidae i Planorbidae kretale su se od 24% do 25%, između haplogrupa Physidae i Lymnaeidae 30%, dok je između haplogrupa Planorbidae i Lymnaeidae genetička p-distanca iznosila 23%.

Rezultati analize povezanosti haplotipova alohtone vrste *Physella acuta*, prikupljene tokom naših istraživanja sa haplotipovima iz SAD (preuzeto iz banke gena - kao nativna populacija) pokazuju razlike od 4 do 25 baznih parova. Prikupljeni i analizirani uzorci ove vrste sa područja Srbije pokazuju značajnu genetičku varijabilnost

od 1% do 6,2% razlika za analizirani 16S rDNK gen. Znatno manja intraspecijska varijabilnost za isti gen utvrđena je poređenjem populacija iz Srbije (rezultati analize naših uzoraka) sa podacima iz Danske (preuzeto iz baze gena) za autohtonu vrstu *Planorbarius corneus* (0,2% do 0,6%). Ovi nalazi ukazuju da velika intraspecijska genetička varijabilnost povećava ekološku plastičnost kod invazivnih vrsta.

KLJUČNE REČI: Dunav; plavna zona; akvatični mekušci; filogenetska analiza; alohtone vrste

NAUČNA OBLAST: Biologija

UŽA NAUČNA OBLAST: Morfologija, sistematika i filogenija životinja

UDK BROJ: [[594.38+594.141]: 591.9/.99]: (282.243.7.043) (497.11) (043.3)

Diversity of Molluscs in the Danube River (1260 – 863.5 rkm) and
taxonomic analysis of the genera *Planorbarius*, *Radix*, *Physella* and *Ferrissia*
(Pulmonata: Basommatophora)

SUMMARY

Fresh water molluscs analysis was performed through three zones of The Danube main flow (1260-863.5 rkm) as well as flooding zone, on the left river bank from 1080 to 1085 rkm. Samples were collected seasonally (April, June, September and November), in three repetitions, along with samples for physical and chemical analysis of water and sediment quality. This research presents detailed summary of composition and distribution of malacofauna in analysed part of the river flow under different influence of anthropogenic pressure. Molecular methods were used for establishing phylogenetic relationships among native and alien species from Basommatophora order.

Analysis of aquatic macroinvertebrate communities showed that river flooding zone is characterized by highest percentage of occurrence for insect groups (61.69%) as well as phytophilic species of freshwater molluscs (15%). Localities from riverine, transitional and lacustrine zone are characterized by large percentage of occurrence of Oligochaeta (37.89%, 63.83%, 83.99%), then Bivalvia (38.21%, 24.35%, 16.72%) and Crustacea (15.82%, 31.11%, 13.73%), which is characteristic for macroinvertebrate communities of potamon river type.

Analysis of aquatic molluscs communities showed that 32 taxa from 28 genera and 13 families within two classes Bivalvia and Gastropoda were recorded.

Class Bivalvia is represented with 12 taxa from four families within orders Veneroida and Unionida. Highest percentage, 92% from total number of all recorded taxa within class Bivalvia, was found in localities in transitional zone, about 75% in lacustrine zone; lowest percentage of identified taxa was recorded at riverine zone localities (41%).

Classis Gastropoda is represented with 20 taxa from two subclasses, Prosobranchia (Orthogastropoda) and Pulmonata. Taxonomic diversity of class Gastropoda at investigated localities was lowest in riverine zone of The Danube (20% of all recorded taxa) and highest diversity was recorded in flooding zone where 55% of

all recorded taxa were present. In the middle part of The Danube flow (transitional zone) 40% of taxa were found and in lacustrine zone 45% of total recorded taxa were present.

Six species of recorded malacofauna were introduced in the Danube water. Ponto Caspian relicts are *Dreissena polymorpha* and *Dreissena rostriformis bugensis*, as well eastern Asian shells *Corbicula fluminea* and *Sinanodonta woodiana*, and North American snails *Physella acuta* and *Ferrissia* sp. New species for Serbian mollusc fauna recorded during this research are: *Dreissena rostriformis bugensis* in class Bivalvia and genus *Ferrissia* sp., in class Gastropoda.

Results of CCA analysis showed differentiation of taxa from the family Dreissenidae at riverine zone localities, whose presence is conditioned with habitat characteristics such as total water hardness, Mg concentration and pH value. Second segregated group of taxa showed positive correlation with nitrite presence in water (*Unio crassus*, *Bithynia tentaculata* and *Viviparus viviparus*).

The CCA results of correlation between malacofauna variability and the presence of organic micropollutants, heavy and toxic metals in sediments, also showed the differentiation of taxa of the family Dreissenidae that are positively correlated with Cd, Hg and PAH presence in sediment. Species *Teodoxus fluviatilis* was correlated with the presence of PAH, while *Lithoglyphus naticoides* showed a positive correlation with the presence of Ni in sediments.

Analyses of phylogenetic relationships of selected species from order Basommatophora from Europe region, Asia and USA were performed using 54 sequences (16s rDNA and COI). Analysed sequences of 16s rDNA were 359 bp long and COI sequences were 315 bp long. *Siphonaria* sp, marine species from order Basommatophora was used as outgroup. Phylogenetic trees obtained both with Bayesian analysis and ML method had similar topology, with three clearly differentiated haplogroups, according to taxonomic division in three families: Planorbidae, Lymnaeidae and Physidae. Genetic p-distances for 16S rDNA between haplogroups Physidae and Planorbidae ranged from 24% to 25%, while p-distance between haplogroups Physidae and Lymnaeidae was 30% and between haplogroups Planorbidae and Lymnaeidae was 23%.

Haplotype analysis of alien species *Physella acuta* collected during this research showed 4 to 25 base pairs difference compared with haplotypes from USA (sequences of native population from USA were taken from a gene bank). Collected and analysed samples of this species from Serbian area showed significant genetic variability 1% to 6.2% difference for analysed 16S rDNA gene. Native species *Planorbarius corneus* showed significantly lower intraspecies diversity (0.2% to 0.6%) for the same gene when Serbian and Danish population were compared (sequences from Denmark were taken from a gene bank). These results suggest that high intraspecies genetic variability increases ecologic plasticity in invasive species.

KEY WORDS: The Danube; flooding zone; aquatic molluscs, phylogenetic analysis; alien species

SCIENTIFIC FIELD: Biology

SPECIFIC SCIENTIFIC FIELD: The morphology, systematics and phylogeny of animals

UDC NUMBER: [[594.38+594.141]: 591.9/.99]: (282.243.7.043) (497.11) (043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Klasa Bivalvia LINNAEUS, 1758.....	3
1.2. Klasa Gastropoda CUVIER, 1795	7
1.2.1. Morfološke i ekološke karakteristike rodova: <i>Planorbarius</i> , <i>Ferrissia</i> , <i>Radix</i> i <i>Physella</i> (<i>Pulmonata</i> : <i>Basommatophora</i>).....	11
1.3. Hidromorfološke odlike istraživog područja	15
1.3.1. Dunav	15
1.3.2. Trajno poplavljeno područje – Dubovački rit.....	17
1.4. Pregled dosadašnjih istraživanja malakofaune u Srbiji	19
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	20
3. MATERIJAL I METODE	22
3.1. Metode uzorkovanja vode i sedimenta	25
3.2. Metode uzorkovanja makroinvertebrata	27
3.2.1. Kvalitativni sastav zajednica <i>Bivalvia</i> i <i>Gastropoda</i>	27
3.2.2. Ekološke analize	27
3.2.3. Statistička obrada podataka	28
3.3. Molekularne analize.....	29
3.3.1. Izolacija mekih tkiva puževa.....	31
3.3.2. Izolacija, amplifikacija i sekvenciranje DNK.....	32
3.3.3. Filogenetske analize	34
4. REZULTATI	36
4.1. Analiza podloge istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm)	37
4.2. Analiza fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode Dunava (1260 – 863,5 rkm) 39	
4.3. Analiza teških i toksičnih metala i organskih polutanata u sedimentu istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm).....	48
4.4. Analiza faunističkog sastava istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm)..	50
4.4.1. Analiza bioloških parametara za ocenu ekološkog statusa vode istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm).....	52
4.4.2. Analiza sastava i distribucije malakofaune na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm)	54
4.4.2.1. Kvalitativni sastav i distribucija malakofaune istraživanog područja Dunava (1260 – 863,5 rkm).....	56
4.4.2.2. Alohtone vrste akvatičnih mekušaca Srbije.....	60

4.5. Razmatranje tipologije velikih reka na osnovu ekoloških parametara zabeležene malakofaune	63
4.6. Bioindikatorska uloga malakofaune u velikoj ravničarskoj reci.....	65
4.7. Analiza zavisnosti zajednice slatkovodnih mekušaca od pojedinih abiotičkih parametara statusa vodenog ekosistema	70
4.8. Primena molekularnih metoda u taksonomiji	79
4.8.1. <i>Filogenetski odnosi odabranih autohtonih i alohtonih vrsta iz reda Basommatophora</i>	80
4.8.2. <i>Analiza haplotipova jedne autohtone vrste (Planorbarius corneus) i jedne alohtone vrste (Physella acuta) istraživanog područja Dunava (1260 – 863,5 rkm)</i> 87	
5. DISKUSIJA	89
6. ZAKLJUČCI	104
7. LITERATURA	109
8. PRILOZI.....	134

1. UVOD

Reke potamon tipa odlikuje specifična bentofauna, gde su grupe Mollusca, Oligochaeta (Annelidae) i Diptera (Insecta) najraznovrsnije i najbrojnije (Csányi and Paunović, 2006; Sommerwerk i sar., 2009). Abiotički faktori u akvatičnom ekosistemu, izraženi kroz hidromorfološke, fizičke i hemijske odlike vodenih staništa, deluju sinergistički čime znatno utiču na strukturu i distribuciju zajednica akvatičnih beskičmenjaka. Prisustvo ili odsustvo neke vrste u vezi je i sa granicama njenog rasprostranjenja. Smanjena pokretljivost u adultnoj fazi životnog ciklusa prevazilazi se razvojem planktonske larvalne faze, kojom se povećava areal rasprostranjenja bentosnih organizama. Širenje vrsta može se i negativno odraziti na zajednicu u recipijentskom području, usled nepostojanja prirodnih neprijatelja, koji bi ograničavali njihovu reprodukciju i širenje, čime mogu izazvati strukturne i funkcionalne promene bentofaune i ekosistema. Različito reagovanje na promene abiotičkih i biotičkih faktora okruženja čini bentosne organizme dobrim pokazateljima stanja akvatičnih ekosistema.

Mekušci (Mollusca) čine važnu komponentu makrozoobentosa (> 0,5 mm), promene u njihovoj strukturi i sastavu, mogu se koristiti kao tipološki indikatori vodenog tela (Paunović i sar., 2007a; Burdett i sar., 2015). Slatkovodni mekušci veoma su osetljivi na promene izazvane antropogenim uticajem na vodene ekosisteme i zbog toga se ovi organizmi koriste za procenu kvaliteta i stepena degradacije vodenih staništa. Životni ciklus mekušaca kreće se od 1 do 4 godine za puževe, odnosno 1 do 15 godina (i više) za školjke, što otvara mogućnost detektovanja promena u vodenom ekosistemu uzrokovanih uticajem negativnog faktora niskog inteziteta, ali dugoročnog dejstva.

Mollusca zauzimaju drugo mesto u fauni invertebrata prema broju opisanih vrsta, odmah nakon predstavnika filuma Arthropoda (Bouchet, 1991). Oni su stara prekambrijumska grupa životinja, koja je imala dug i samostalan razvoj i specijaciju, o čemu svedoči veliki broj fosilnih ostataka. Predstavnici filuma Mollusca svrstani su u sedam klasa: Cephalopoda, Scaphopoda, Polyplacophora, Monoplacophora, Aplacophora, Gastropoda i Bivalvia.

Dve najveće klase iz filuma Mollusca, Gastropoda i Bivalvia, u više navrata i veoma uspešno su naselili kopnene vode. Slatkovodni puževi i školjke se nalaze na

svim kontinentima, osim Antarktiku, i gotovo u svim vodenim staništima, od jezera i reka, do potoka, bara i privremeno ili trajno poplavljenih područja.

1.1. Klasa Bivalvia LINNAEUS, 1758

Školjke su akvatični organizmi, pre svega stanovnici tropskih i subtropskih mora, mada i ne retko brakičnih voda i slatkovodnih ekosistema. Sve vrste su bentosni organizmi, uglavnom slabo pokretni, usled čega veoma dugo ostaju na mestu gde se nastane, a neke su i sesile. Nedostatak pokretljivosti nadomestili su visokim fertilitetom.

Adaptacija na mikrofagnu ishranu dovela je do redukcije glavenog regiona (Acephalia), dok na oblik ostatka tela i ljuštore veliki uticaj ima način života. Neke vrste su se prilagodile životu u pesku i mulju, dok neke mogu da buše čvrste podloge (npr. drvo, kamen).

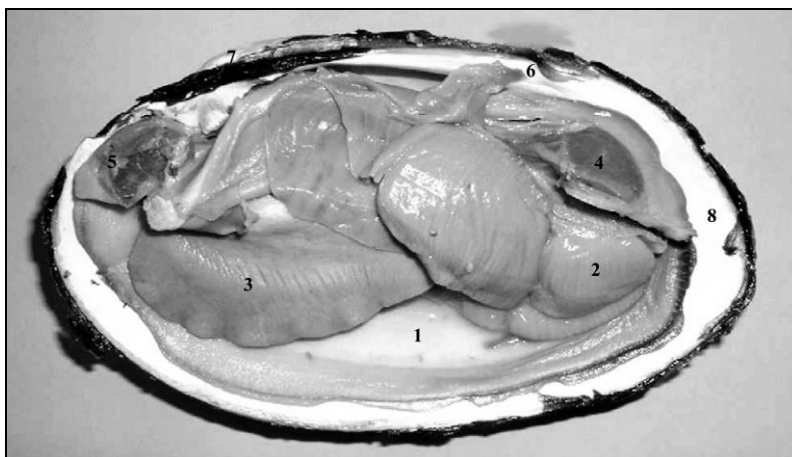
Usled redukcije glavenog regiona, telo se sastoji od trupa, odnosno utrobne kese, u kojoj su smešteni unutrašnji organi i stopala na ventralnoj strani tela. Stopalo je mišićni lokomotorni organ, uglavnom oblika sekire, ali može biti i prstasto, pravo ili savijeno, dok kod sesilnih vrsta dolazi do njegove delimične, ili potpune redukcije. Sa dorzalne strane telo je prekriveno plaštom, mekanom tvorevinom čiji epitel luči ljušturu od CaCO_3 , koja u potpunosti ili delimično pre pokriva telo.

Ljušturu čine leva i desna valva (valva - kapak, Bivalvia), koje su obično simetrične. Na kopcima ljuštore uočava se najistaknutiji i najstariji deo ljuštore – umbo, od koga se prema ivicama longitudinalno pružaju linije naraštajnih zona, koje kod većine vrsta ukazuju na periodičnu aktivnost oboda plašta u formiranju ljuštore (Brajković, 2001). Simetrija ljuštore, odnosno kapaka, određuje se tako što se povuče prava linija od vrha školjke do ventralne ivice, i kod simetričnih vrsta (*Sphaerium corneum* L.) linija deli ljušturu na dve jednake polovine, dok je kod npr. roda *Unio* prisutna asimetrija kapaka i linija deli ljušturu na dva nejednaka dela. Na dorzalnoj strani kapci ljuštore su spojeni ligamentom, elastičnom vezom koja deluje antagonistički u odnosu na mišić aduktor (zatvarač) ljuštore.

U otvaranju i zatvaranju ljuštore kod nekih vrsta uključene su i tvorevine u obliku „brave“, koja je sastavljena iz tri dela: zubića, jamice i brazda.

Karakteristike brazdi imaju taksonomski karakter na nivou familija, rodova i vrsta. Postoji nekoliko tipova brava (taksodontni, heterodontni, šizodontni i izodontni) koje se razlikuju prema rasporedu, veličini i broju zubića, kao i jamica u formaciji brave. Kod progresivnijih vrsta dolazi do redukcije brave, a otvaranje i zatvaranje kapaka vrši se kontrakcijama mišića aduktora, uglavnom prednjeg i zadnjeg mišića. Između plašta i ljušture nalazi se ekstraplaštana duplja, dok se između plašta i tela nalazi plaštana duplja sa kompleksom plaštanih organa (stopalo, škrge, otvori polnog, ekskretornog i crevnog sistema).

Plaštana duplja je uvek zatvorena, a sa spoljašnjom sredinom komunicira preko dva otvora/sifona - inhalantnog i ekshalantnog sifona (Slika 1).



Slika 1. Prikaz unutrašnjosti slatkovodne školjke iz familije Unionidae sa prikazom telesne organizacije: (1) - plašt; (2) - škrge; (3) - stopalo; (4) - zadnji aduktor; (5) - prednji aduktor; (6) - brazda; (7) - umbo i (8) - ljuštura, modifikovano prema R.F. Lauff (<http://people.stfx.ca/rlauff/201/clam/clam.html>).

Kroz inhalantni sifon voda sa hranljivim česticama ulazi u telo i obliva škrge, koje hranjive čestice usmeravaju ka usnom otvoru. Filtrirana voda izlazi u spoljašnju sredinu preko ekshalantnog sifona. Cirkulacijom vode kroz telo se obezbeđuje uzimanje hrane, respiracija, izbacivanje ekskreta i polnih produkata.

Kod vrsta rodova *Unio* i *Anodonta* plaštani nabori se spajaju cilijama i u zadnjem delu tela formiraju širi, donji - ulazni i užji, gornji - izlazni sifon. Vrste koje se dublje ukopavaju imaju formirane odvojene otvore, koji su kod nekih izvučeni u cevi,

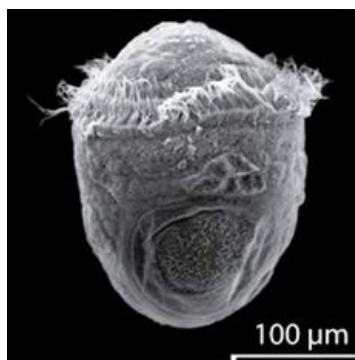
koje mogu biti duže od školjke. Unutrašnja površina plašta, telesnog zida, usnih lopatica i škrga je pokrivena cilijatnim epitelom.

Najveći broj školjki su mikrofagi, odnosno imaju cilijatno - filtracioni tip ishrane.

Usled redukcije glave, crevni sistem školjki počinje usnim otvorom u obliku pukotine, koji je okružen kožnim naborima - velumima (usnim naborima). Na usni otvor se nastavlja kratak i cevast jednjak, sledi želudac obavijen jetrenim žlezdama, srednje crevo, zadnje crevo i analni otvor na zadnjem kraju tela. Respiratorni sistem je građen od škrga (branchia), dovodnih i odvodnih krvnih sudova. Prema građi škržnog aparata nekada su se Bivalvia delile na: Protobranchia (osnovni tip - ktenidije), Filibranchia (vlaknaste škrge), Eulamelibranchia (prave listaste škrge) i Septibranchia (sekundarno odsustvuju škrge). Evolucija škržnog aparata je išla u pravcu povećanja njihove površine zato što pored osnovne respiratorne funkcije škrge obavljaju filtraciju i usmeravanje hranljivih čestica (Brajković, 2001). Respiratornu funkciju osim škrga, obavljaju i plašt, ali i cela površina tela.

Polni sistem je, kod većine vrsta, gonohoristički, dok su samo neke vrste hermafroditne. Ženke izbacuju jaja u spoljašnju sredinu, mužjaci ih oplođuju i iz oplođenih jajnih ćelija, kod većine vrsta, razvija se larva trohofornog tipa, koja slobodno pliva i nakon toga metamorfozira u veliger larvu (Slika 2).

Veliger larva je karakteristika marinskih Bivalvia, i slatkovodnih vrsta iz familije Dreissenidae.

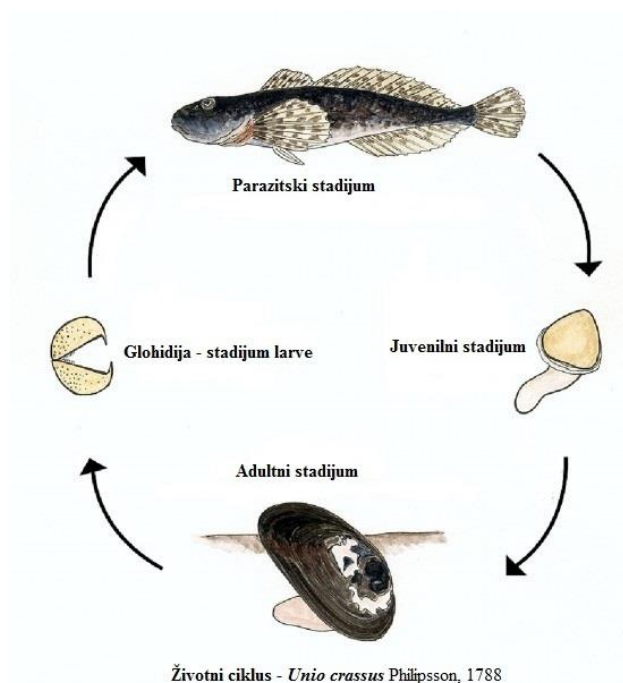


Slika 2. Prikaz larve trohofora (elektronska mikrofografija), prema Jackson i sar., 2007 (<http://www.biomedcentral.com/1471-2148/7/160/figure/F1?highres=y>).

Kod školjki familija Unionidae i Margaritiferidae razviće se odvija preko larve glohidije (Slika 3). Oplođenje ženskih polnih ćelija se dešava u određenom regionu na škrgama koji se naziva marsupia i iz oplođene jajne ćelije razvija se larva glohidija (Watters, 1995).

Početne faze u razviću (faza glohidije) odvijaju se u škrgama. Glohidija vodi parazitski način života, ima dvokapku ljušturu sa kukicama i zubićima, koji služe za kačenje za domaćina. Ona na škrgama domaćina živi oko 30 dana (što zavisi od temperature vode) i u njoj se polako razvijaju unutrašnji organi. Razvoj tih organa vezan je za proces histolize plašta glohidije, što se vrši pod uticajem proteolitičkih enzima plašta. Kad potpuno razvije unutrašnje organe, epidermalna čaura larve puca, jer ne može rasti zajedno sa telom. Tada glohidije padaju na dno i počinju novi život.

Slatkovodne školjke proizvode veliki broj jaja (preko 300.000), ali samo mali broj završi životni ciklus do mlade jedinke. Samo one glohidije koje se nastane na ribama razvijaju se do adultnog oblika, a sve ostale uginu. Životni vek slatkovodnih školjki iz grupe Unionidae je relativno dugačak (do 15 godina), a zbog toga je njihova produktivnost mala. Postoje podaci da pojedine vrste žive 20 do 30, pa čak i 140 godina (Bauer, 1988).



Slika 3. Životni ciklus kod vrste *Unio crassus* Philipson, 1788, modifikovano prema ilustraciji Rita Larje (Ur Von Proschwitz and Lundberg, 2004).

Kod vrsta iz familije Corbiculidae proces fertilizacije se odvija u palealnoj šupljini. Kada dostignu određeni nivo zrelosti ispuštaju se u spoljašnju sredinu i tada prelaze u sledeći stadijum - veliger larve (Sousa, 2008). U larvalnom stadijumu su veoma malih dimenzija (250 μm) i veoma lako zauzimaju vodotokove. Žive od 1 do 5 godina i u tom periodu mogu proizvoditi larve 1 do 3 puta u zavisnosti od biotičkih i abiotičkih faktora sredine (Mc Mahon, 2000; Sousa, 2008). Ove hermafroditne školjke imaju veoma veliki fekunditet, i prosečna školjka može da proizvede oko 35.000 larvi po sezoni parenja, zbog ove životne adaptacije prilikom ulaska u novo stanište vrlo brzo dobijaju status invazivne vrste (Mc Mahon, 2002).

Kod familije Sphaeridae, oba roda (*Sphaerium* i *Musculinum*) čuvaju mlade u torbastim formacijama na škragama nakon čega ih oslobađaju u spoljašnju sredinu. Mladi u plodnim torbama mogu biti i različitog uzrasta, jer se njihova produkcija odvija nekoliko puta u toku godine. Odrasle jedinke imaju životni vek od nekoliko meseci do 4 godine (Moorkens and Killeen, 2009).

1.2. Klasa Gastropoda CUVIER, 1795

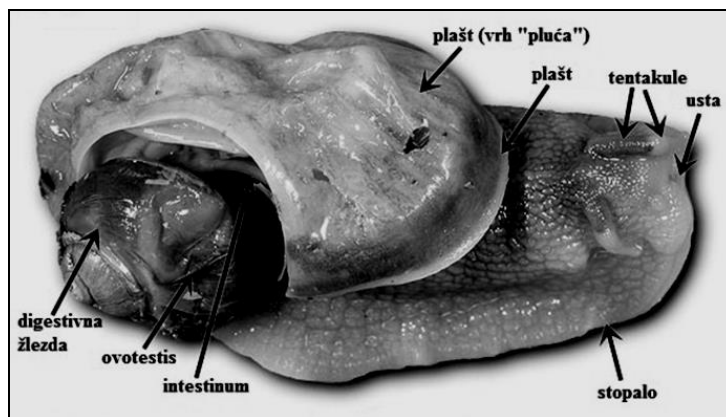
Od ukupnog broja opisanih mekušaca približno 75% pripada klasi Gastropoda (Pfleger, 1999; Van Bruggen, 1995). Poznato je i opisano preko 90.000 recentnih i 15.000 izumrlih vrsta. Prvi fosilni nalazi javljaju se u donjem kambrijumu.

Naseljavaju sve zoogeografske zone, uključujući i staništa sa ekstremnim abiotičkim faktorima. Veliki broj puževa živi slobodno, a samo su se neke vrste prilagodile na parazitski način života. Većina puževa poseduje jednodelnu ljušturu (ima zaštitnu i skeletnu funkciju) koja je spiralno uvijena. Uvijanje ljušture može se predstaviti kao uvrtnje cevi oko akcise za 360° , a nakon svakog uvrtnja formira se po jedan uvojak. Na vrhu ljušture uočava se deo koji je najmanji, najuži i najstariji – apeks, zatim od njega, prema otvoru (grotlu), uvojcima postaju sve veći i poslednji je uglavnom najveći. Kada poslednji uvojak pre pokriva sve prethodne to je involutni tip ljušture, kada uvojcima nisu u ravni to je turbospiralni tip i kada su uvojcima u istoj ravni, govorimo o planospiralnom tipu ljušture.

Postoje dva tipa spiralizacije ljušture - dekstralna i sinistralna. Većina puževa ima dekstralnu ljušturu, dok se sinistralna ljuštura javlja kod vrsta iz roda

Physa/Physella. Površina ljušture može imati različite tvorevine u vidu poprečnih, uzdužnih brazda, ili bodlji. Redukcija ljušture javlja se kod nekih vrsta, kao prilagođavanje na zarivajući način života kod terestričnih oblika, tj. na plivajući način života kod akvatičnih oblika života. Step en redukcije je različit i kreće se od delimične, do potpune. Telo je asimetrično i diferencirano na glavu, stopalo i trup (visceralna masa). Asimetrija tela je posledica dve pojave: torzije i spiralnog uvijanja visceralne mase. Sastoji se u zaokretanju visceralne mase u odnosu na stopalo za 180°. Torzija se odvija za vreme postembrionalnog razvića, kod većine tokom razvoja veliger larve. Telo je za ljušturu spojeno snažnim mišićem retraktorom (*musculus columellaris*) i pomoću njega se uvlači u ljušturu. Stopalo se nalazi sa ventralne strane tela iza glave i predstavlja mišićni organ koji kontrakcijom glatke muskulature omogućava kretanje puzanjem ili plivanjem. Slabo pokretni puževi, kao *Ferrissia*, *Ancylus* i druge pateliforme, imaju slabo razvijeno stopalo i ono služi za čvrsto pripijanje za podlogu.

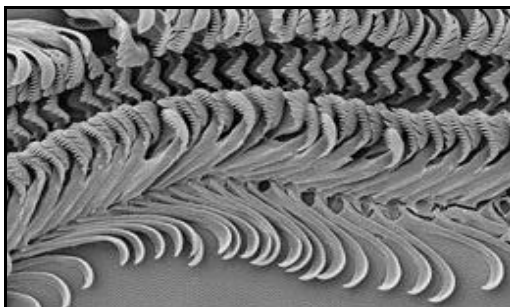
Trup je pokriven plaštom koji je delom srastao za telo, a sa glavom i stopalom formira plaštanu duplju, u kojoj je kompleks plaštanih organa (škrge, ekskretorni organi, polni i analni otvor) (Slika 4).



Slika 4. Osnovne karakteristike mekog dela tela građe, modifikovano prema dr. Udo M. Savlli (<http://www.savalli.us>).

Među puževima ima mikrofaga, makrofaga, predatora i biljojeda. Sistem za ishranu počinje usnim otvorom, koji se nalazi na ventralnoj strani glave.

Na usta se nastavlja ždrelo, u kome je smešten muskulozni nabor – odontofor, na kom se nalazi radula. To je hitinozna tvorevina na kojoj se nalazi sistem kutikularnih zubića specifičnog oblika i rasporeda (Slika 5).



Slika 5. Mikrografski prikaz radule i zubića kod slatkovodnog puža iz roda *Pyrgulopsis*, Y. Villacampa (<http://invertebrates.si.edu/Villacampa.html>).

Raspored, broj i morfologija zubića, radule, su specifični za svaku vrstu, pa se uzimaju kao pouzdani taksonomski karakteri

Respiratorni sistem većine puževa je predstavljen škragama. Svi puževi, a naročito oni koji žive u vodi, imaju mogućnost kožnog disanja. Škrge, kao primarni organi za disanje, iščezavaju kod Pulmonata. Kod njih dobro vaskuoliziran zid plaštane duplje preuzima funkciju respiracije i funkcionira kao “pluća”. Pluća se, preko spirakuluma (otvor koji se nalazi na ivici između plašta i utrobe), pune i prazne vazduhom. Puževi plućaši koji žive u plićim kopnenim vodama mogu uzimati vazduh na površini vode, dok u periodu zimskog mirovanja imaju sposobnost da plaštanu duplju ispune vodom iz koje postepeno usvajaju kiseonik. Puževi plućaši dubokih kopnenih voda, takođe, imaju sposobnost da plaštanu duplju ispune vodom, iz koje postepeno usvajaju kiseonik.

Polni sistem je kod Prosobranchia gonohoristički, a kod Opisthobranchia i Pulmonata hermafroditan. Kod vrsta iz roda *Viviparus* embrionalno razviće se završava u uterusu i iz njega izlaze mlade jedinke. Kod najprimitivnijih vrsta iz jaja se razvija larva trohofornog tipa, sa mnogobrojnim trepljama. Trohofora jedno vreme pliva, zatim postepeno gubi treplje i metamorfozira u veliger larvu. Veliger larva ima začetak ljušture, stopala i plaštane duplje.

U okviru klase Gastropoda izdvajaju se tri potklase: Prosobranchia, Opisthobranchia i Pulmonata, sa 230 familija i preko 1.700 rodova.

Potklasa Prosobranchia je najbrojnija grupa puževa, većina vrsta naseljava mora, a manji broj kopnene vode i kopno. Redu Archaeogastropoda pripadaju najprimitivniji recentni puževi. Neritidae naseljavaju kopnene vode. Vrste iz reda Mesogastropoda najčešće naseljavaju kopnene vode, dok je manji broj vrsta terestričan. Najprogresivnijim puževima ove potklase smatraju se vrste iz reda Neogastropoda.

Potklasa Opisthobranchia obuhvata isključivo morske organizme.

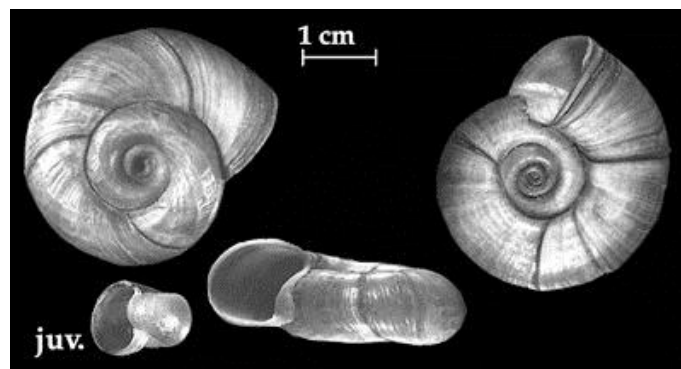
U okviru potklase plućaša (Pulmonata) do danas je opisano oko 20.000 vrsta, uglavnom terestričnih i slatkovodnih puževa. Prema morfološkim i ekološkim karakteristikama dele se u dva reda: Basommatophora i Stylommatophora. Plućaše odlikuje spiralna ljuštura, koja može biti delimično, ili potpuno, redukovana. Nemaju operkulum, a pojedine vrste se povlače u ljušturu (u nepovoljnim uslovima sredine) i zatvaraju pomoću sluzi, koja u dodiru sa vazduhom očvrstne i naziva se epifragma. Škrge su im redukovane, a respiracija se odvija vaskuoliziranim zidom plaštane duplje koja komunicira sa spoljašnjom sredinom preko respiratornog otvora - spirakuluma.

1.2.1. Morfološke i ekološke karakteristike rodova: *Planorbarius*, *Ferrissia*, *Radix* i *Physella* (Pulmonata: Basommatophora)

Slatkovodni puževi u okviru reda Basommatophora su najzastupljenije slatkovodne Gastropoda, sa predstavnicima na svim kontinentima izuzev Antarktika. Javljaju se u različitim staništima, od stajaćih do brzo-tekućih voda, na obodima velikih reka i jezera (Basch, 1959, 1963; Burch, 1982).

***Planorbarius* DUMÉRIL, 1806**

Planorbarius je rod iz porodice Planorbidae, sa svega dve recentne vrste na evropskom kontinentu: *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758) i *Planorbarius metidjensis* (Forbes, 1838). Odlika navedenih vrsta je sinistralna ljuštura, veličine od 10-17 mm do 22-40 mm. Sa gornje strane ljuštura ima manje izraženu depresiju, dok je sa donje strane depresija znatno izraženija (Slika 6). Tokom proleća i jeseni, kada je temperatura vode iznad 15°C, ovi puževi započinju proces reprodukcije. Učaurane grupacije po 40-ak oplodjenih jaja polažu na vodene makrofite i nakon 14-16 dana mladi se izvaljuju iz jaja. Životni vek im je do 3 godine. Samooplodnja se dešava, tako da jedna jedinka može da uspostavi stabilnu populaciju.

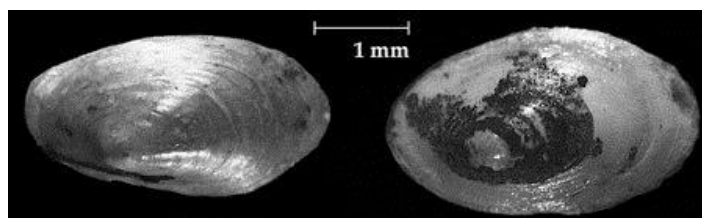


Slika 6. *Planorbarius* sp., modifikovano prema Buckle, 2012

(<http://www.conchsoc.org/node/5381>).

***Ferrissia* WALKER, 1903**

Morfološki, rod *Ferrissia* takođe pripada familiji Planorbidae, razlikuje se od većine drugih puževa jer ima pateliformnu ljušturu, pa je ovaj morfotip dobio naziv „prilepak“ (Basch, 1963; Brandt, 1974; Burch, 1982, 1988). Morfologija kapka prilepcima daje prednost u preživljavanju u odnosu na druge vrste, jer je celo meko telo životinje obavijeno ljuštrom kada je čvrsto pripijena uz podlogu, što povećava zaštitu od grabljivica ili isušivanja u lotičkim sredinama (Burch, 1988; Burch and Jung, 1992; Albrecht i sar., 2004). To su hermafoditi sa tankom, laganom ljuštrom bez operkuluma (Slika 7). Apex se nalazi na donjoj trećini ljuštore blago dislociran na desnoj strani (visina ljuštore 2 - 3,5 mm, širina 3,5 - 6 mm).



Slika 7. *Ferrissia* sp., modifikovano prema Buckle, 2012

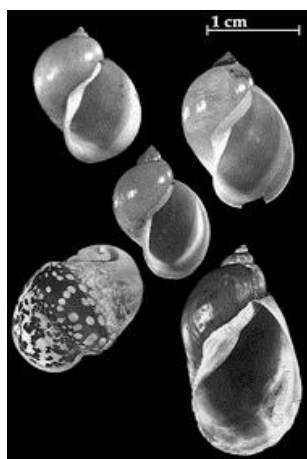
(http://www.conchsoc.org/aids_to_id/Ancylidae.php).

Na području neoarktika rod *Ferrissia* obuhvata pet autohtonih vrsta: *F. rivularis*, (Say, 1817), *F. fragilis* (Tryon, 1863), *F. parallela* (Haldeman, 1841), *F. walkeri* (Pilsbry and Ferriss, 1907) i *F. mcneili* Walker, 1925, ali samo dve imaju široku distribuciju (*F. rivularis* i *F. fragilis* – sin. *Ferrissia clessiniana* (Jickeli, 1882), *Ferrissia wautieri* (Mirolli, 1960), dok je taksonomski status palearktičkih vrsta roda *Ferrissia* u procesu identifikacije (Marrone, 2014).

Radix MONTFORT, 1810

Rod *Radix* pripada familiji Lymnaeidae, odlikuje ih velika morfološka raznolikost. Sve vrste su dekstralne, odnosno grotlo se nalazi na desnoj strani tela posmatrajući ljušturu sa dorzalne strane. Ljušture su tanke i krhke, visine 14 - 24 mm i širine 12 - 18 mm (Slika 8).

Naseljavaju različita vodena staništa uključujući jezera, močvare i kanale. Kao i većina pulmonatnih puževa i Lymnaeidae su hermafroditi, a oplodene jajne ćelije deponuju se u kružnim masama uz vodene makrofite ili stene. Na području Evrope opisano je više vrsta: *Radix ampla* (Hartmann, 1821); *Radix auricularia* (L., 1758), *Radix labiata* (Rossmässler, 1835) (sin. *peregra*, *pereger*, *ovata*); *Radix balthica* (L., 1758); *Radix lagotis* (Schrank, 1803); *Radix lilli* Glöer and Beckmann, 2007; *Radix parapsilia* Vinarski and Glöer, 2009; *Radix pinteri* Schutt, 1974; *Radix relictata* Polinski, 1929 i *Radix skutaris* Glöer and Pešić, 2008.



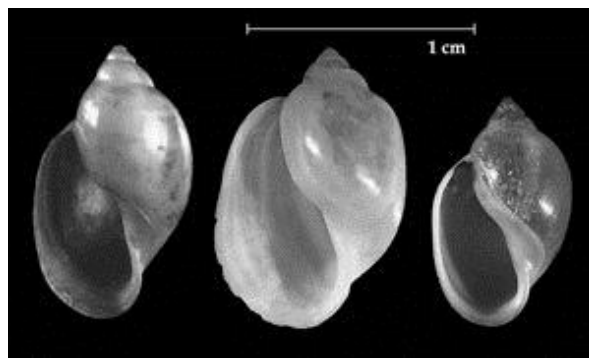
Slika 8. *Radix* sp., modifikovano prema Buckle, 2012

(<http://www.conchsoc.org/node/5367>).

***Physella* HALDEMAN, 1842**

Predstavnik rodu *Physella* odlikuje spiralno uvijena, sinistralna ljuštura, sa velikim, izduženim grotlom i zašiljenim apeksom, kao i odsustvo operkuluma. Ljuštura su tanke, prozirne, dok je obod grotla blago savijen na desno (Slika 9).

Na evropskom kontinentu zabeležene su vrste *Physella acuta* (Dreparnaud, 1805) i *Physella gyrina* (Say, 1821). Vrsta *Physella acuta* (syn. *Physa acuta* Dreparnaud, 1805, *Haitia acuta* Dreparnaud, 1805) ima tanku, prozirnu, sinistralnu ljušturu (visina 9 - 14 mm, širina 5 - 7 mm).



Slika 9. *Physella* sp., modifikovano prema Buckle, 2012

(http://www.conchsoc.org/aids_to_id/Physidae.php).

Plajt je tamno sive do braon boje i on daje obojenost ljušturi. Ljuštura ima veoma zašiljeni vršni deo, izrazito duboke navoje i široko grotlo. Smatra se da nativna populacija ove vrste potiče iz Severne Amerike gde je prihvaćena pod sinonimom *Physa heterostropha* (Say, 1817), ali njen savremeni areal rasprostranjenja obuhvata područje od Evrope do Australije. Vrsta *Physella gyrina* zabeležena je u Engleskoj i Španiji, i smatra se autohtonom za područje Evrope.

1.3. Hidromorfološke odlike istraživog područja

1.3.1. Dunav

Dunav je druga po dužini evropska reka (2.857 km), sa površinom sliva od 817.000 km². Povezuje Centralnu sa Istočnom Evropom, i sa brojnim pritokama čini veliko slivno područje koje se prostire na teritoriji 19 država. Sastavni je deo transevropskog plovidbenog sistema Rajna-Majna-Dunav, koji svojom dužinom od 3.505 km plovnog puta spaja Atlantik i Mediteran, povezujući Zapadnu sa Istočnom Evropom. Prolazeći kroz mnoge urbane, industrijske kao i ruralne oblasti, Dunav je pod velikim pritiskom, od približno 165 miliona ljudi čije aktivnosti direktno i indirektno utiču na njega (Martinović-Vitanović i sar., 2013).

Neprekidna degradacija životne sredine dovodi do smanjenja biodiverziteta Dunava. Reka prima otpadne gradske i industrijske vode, kao i vode koje se spiraju sa poljoprivrednih površina.

Dunavski sliv može se podeliti na tri podregiona: gornji-alpski sektor (2857 – 1880 rkm), srednji-panonski sektor (1879 – 1103 rkm) i donji podregion sa deltom Dunava – karpatsko - balkanski sektor (1102 – 0 rkm). Gornji deo toka proteže se od izvora (Nemačka) do Bratislave (Republika Slovačka). Srednji deo toka je najveći i obuhvata deo od Bratislave do Đerdapa (Srbija/Rumunija). Donji deo toka prostire se od Đerdapa do Suline (ušće Dunava u Crno more) i obuhvata veliku deltu. Dužina srpskog dela toka Dunava iznosi 588 km i obuhvata srednji i deo donjeg toka, a 220 km dug plovni put predstavlja prirodnu granicu između Srbije i Rumunije (Slika 10).

Veliki deo sektora Dunava (358 km) pripada Panonskom basenu i u ovom delu toka Dunav je tipična ravničarska reka, sa nagibom od 0,04-0,05 ‰. Prosečna širina Dunava u Srbiji je oko 1 km, površina vode 52.000 ha, dok plavna područja zauzimaju još oko 100.000 ha (Simonović i sar, 2010a).

Izgradnjom brana na 942,9 km (1972. god.) i 863,4 km (1984. god.) formirane su dve akumulacije - Đerdap I i Đerdap II, što je dovelo do hidrografskih i hidroloških promena.

Ove promene su predstavljene u radovima Damjanović and Vulić, 2004; Martinović-Vitanović and Kalafatić, 2002a; Martinović-Vitanović i sar., 2006 i predložena je podela toka na tri zone – rečnu (I), prelaznu (II) i jezersku zonu (III):

- I - gornji i donji deo toka - rečna zona I (uzvodno) i rečna zona II (nizvodno): od 1425 rkm (Batina-Bezdan) do 1250 rkm (Novi Sad) i od 863,4 rkm (Đerdap II) do 845,6 rkm (ušće Timoka u Dunav);
- II - srednji deo - prelazna zona (protočna akumulacija): od 1216 rkm (Slankamen) do 1072 rkm (Ram) - gde je uticaj izgradnje brana na usporenje toka evidentan;
- III - donji deo - jezerska zona (jezerski deo - akumulacija: Đerdap I i II): od 1072 rkm (Ram) do brane Đerdap I (hidroelektrana Đerdap I) na 942,9 rkm i od 942,9 rkm do brane Đerdap II (hidroelektrana Đerdap II) na 863,5 rkm.



Slika 10. Reka Dunav na području Đerdapske klisure,
(fotografija Nenad Andrić).

1.3.2. Trajno poplavljeno područje – Dubovački rit

Područje Vojvodine karakteriše postojanje manjih stajaćih voda (bare, močvare i ritovi) koje se po svom hemijskom i fizičkom sastavu razlikuju od "standarnih slatkih voda". Ritovi se odlikuju veoma malom dubinom i pretežno su obrasli emerznom makrofitnom vegetacijom. Područje Dunava na južnom obodu Panonske nizije u Banatu, između prostrane Deliblatske peščare na severu i Dubovačkog rita, Labudovog okna, ade Čibuklije i Žilava, obuhvaćeni su granicama Specijalnog rezervata prirode "Deliblatska peščara".

Ovo područje predstavlja specifičan sklop barsko-močvarnih staništa. Dubovački rit je plavno područje na levoj obali Dunava u blizini sela Dubovac (1082 - 1085 rkm Dunava), zaštićeno u okviru Specijalnog rezervata prirode „Deliblatska peščara“ („Službeni glasnik RS“, 3/02). Plavno područje je usled posebnog faunističkog i florističkog bogastva uvršteno u IBA (Important Bird Area) (Puzović and Grubač, 2000) i IPA (Important Plant Area) (Stevanović, 2005) područja. Od strane Zavoda za zaštitu prirode Srbije predloženo je kao Ramsarsko područje (<http://www.ramsar.org/>) i uvršteno 2007. godine. Karakteristično je po velikoj površini emerzne vegetacije (23% rita), koju čine tipične grupacije močvarnih biljaka (helofita). Među makrofitama dominiraju rogoz (*Typha latifolia*), trska (*Phragmites australis*), i idirot (*Acorus calamus*), dok je najekspanzivnije širenje konstatovano za invazivnu vrstu iz familije Poaceae, *Paspalum paspalodes* (Šinžar – Sekulić, 2006).

Na području Dubovačkog rita *P. paspaloides* prvi put je zabeležen 1997. godine, a od tada do 2006. godine osvojio je približno 2% teritorije, prvenstveno na levoj obali Dunava uzvodno od Dubovačkog rita, kao i na Adi Žilovo i Velikoj Zavojskoj adi (Šinžar-Sekulić, 2006). Tokom ovih istraživanja zabeleženi su intervali intezivnog obrastanja i smanjenja zahvaćene vodene površine ovom invazivnom biljkom (Slika 11).



Slika 11. *Paspalum paspaloides* na istraživanom području Dubovačkog rita,
(fotografija Nemanja Popović).

Tokom letnjih meseci *P. paspaloides* je prekrivao gotovo celokupnu oglednu vodenu površinu u vidu tzv. vodenih livada, što je ugrožavalo mikrostaništa vodenih organizama. Kao negativna posledica narušavanja ekosistema izazvana izgradnjom brane, širenje ove invazivne vrste može izazvati nestajanje ili probleme u održavanju populacija drugih organizama koji su vezani za autohtonu makrofitsku vegetaciju (Stevanović i sar., 2003, 2004).

1.4. Pregled dosadašnjih istraživanja malakofaune u Srbiji

Izučavanja mekušaca u Srbiji započeta su pedesetih godina XIX veka. Prva publikacija o fauni Bivalvia datira iz 1882. godine (Dokić, 1882 u Karaman and Karaman., 2007). Početkom XX veka, malakolog Pavlović započinje prva sistematska istraživanja malakofaune u Srbiji (Pavlović, 1907; 1909; 1911; 1912). U narednom periodu važne publikacije o poznavanju mekušaca predstavljaju radovi o Hydrobioidea Balkanskog poluostrva (Radoman, 1973; 1976, 1977 i 1978), kao i vrstama iz roda *Unio* i *Anodonta* u rekama Srbije (Tadić, 1960; 1971; 1977 i 1979). Krajem prošlog i početkom ovog veka fauna Mollusca istraživana je u mnogobrojnim radovima: Jovanović, 1985; 1990; 1992; 1995a, 1995b; Arambašić, 1994; Karaman 1999, 2000, 2001a, 2001b, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007; Karaman nad Živić, 2001; Karaman and Karaman, 2007; Živić, 2005; Živić i sar., 2002, 2008; Paunović i sar., 2006, 2007b; Martinović-Vitanović i sar., 2013; Raković i sar., 2013; Tomović i sar., 2010, 2012, 2014; Marković, 2014, Marković i sar., 2014).

Relativno mali broj literaturnih podataka zasnovan je na istraživanjima malakofaune Dunava (Illies, 1978; Frank, 1987; Van Bruggen, 1995; Bij de Vaate and Hulea, 2000; Seddon, 2000, Čejka and Horsák, 2002; Sinicya i sar., 2004; Bódis i sar., 2006; Brezeanu and Cioboiu, 2006; Cioboiu, 2006; Zieritz and Waringer, 2006; Popa i sar., 2007; Son, 2007; Hubenov and Trichkova, 2007; Glöer and Georgiev, 2012; Hubenov i sar., 2013).

Detaljnija istraživanja Dunava započeta su 60-tih godina prošlog veka, a nastavljena su kroz niz međunarodnih ekspedicija (JDS 1, 2001; JDS 2, 2007; JDS 3, 2013 i ADS, 2004). U navedenom periodu, istraživanja su uglavnom bila zasnovana na određenim komponentama rečnog sistema, fizičkim i hemijskim parametrima vode i biote, određenog sektora, ili celog toka Dunava kroz Srbiju (Petrović, 1971, 1973, 1975, 1978; Nedeljković, 1967, 1978, 1979; Jakovčev, 1987; Kalafatić i sar., 1989; Martinović-Vitanović i sar., 1987, 1988, 1990, 1994, 1995, 1997, 1998a, 1998b, 1999a, 1999b, 2002a, 2002b, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009a, 2009b, 2013; Simić i sar., 1997, Simić and Simić, 2004; Simonović i sar., 1998, 2001, 2010a, 2010b; Csányi and Paunović 2006; Paunović i sar., 2005, 2006, 2007a, 2007b; Raković i sar., 2013; Popović i sar., 2013; Tomović i sar., 2010, 2014; Marković i sar., 2014).

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Diverzitet mekušaca Dunava (1260 - 863,5 rkm) i taksonomska analiza rodova *Planorbarius*, *Radix*, *Physella* i *Ferrissia* (Pulmonata: Basommatophora) realizovani su u skladu sa sledećim ciljevima:

- utvrđivanje faunističkog sastava vrsta slatkovodnih mekušaca Dunava (1260-863,5 rkm);
- razmatranje ekoloških osobina zabeležene faune;
- kvalitativna i kvantitativna analiza mekušaca kao značajne komponente bentosnih zajednica zastupljenih u istraživanom delu toka Dunava;
- analiza zavisnosti zajednice slatkovodnih mekušaca od abiotičkih parametara vodenog ekosistema;
- taksonomska analiza rodova *Planorbarius*, *Radix*, *Physella* i *Ferrissia* (Pulmonata: Basommatophora);
- primena molekularnih metoda u malakologiji;
- analiza filogenetskih odnosa odabranih alohtonih i autohtonih vrsta slatkovodnih mekušaca;
- razmatranje tipologije velikih reka na osnovu malakofaune i
- analiza bioindikatorske uloge predstavnika malakofaune u velikim ravničarskim rekama.

3. MATERIJAL I METODE

Limnološka istraživanja Dunava (1260 – 863,5 rkm) prikazana u ovoj studiji, obavljena su u periodu od 2007. do 2011. godine sezonski, četiri puta godišnje (april, jun, septembar i novembar) sa ciljem da se obezbedi potpuni uvid u kvalitativno - kvantitativni sastav i prostornu distribuciju akvatičnih mekušaca Dunava i trajno poplavljenog područja Dubovački rit.

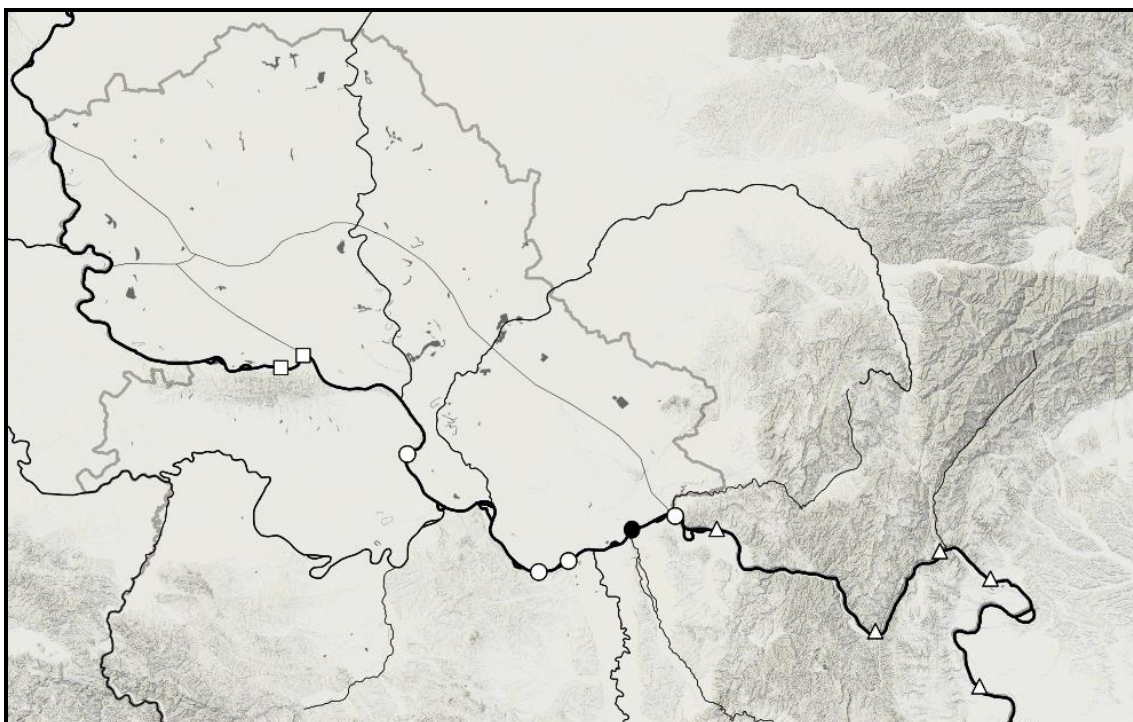
Istraživanja uključuju fizičke i hemijske karakteristike vode i sedimenta istraživanog područja, koje utiču na rasprostranjenje vrsta i odnose unutar zabeleženih zajednica. U ovoj studiji dati su novi podaci o rasprostranjenju, raznovrsnosti taksona po istraživanim lokalitetima i gustini populacija vrsta malakofaune srednjeg i dela donjeg toka Dunava (1260 – 863,5 rkm). Za područje koje je istraživano po prvi put su analizirani filogenetski odnosi autohtonih i alohtonih vrsta iz reda Basommatophora zabeleženih u plavnoj zoni reke, na lokalitetu Dubovački rit.

Uzorci makroinvertebrata su prikupljeni sezonski sa 12 lokaliteta na Dunavu (1260 – 863,5 rkm). Lokaliteti su grupisani u četiri zone reke (Tabela 1).

Tabela 1. Područje istraživanja: zona reke, naziv lokaliteta, rečni km toka i geografske koordinate istraživanih lokaliteta na Dunavu (1260 – 863,5 rkm).

Zona reke	Lokalitet	rkm	Geografske koordinate lokaliteta	
Rečna zona (1260 - 1250)	Ledinci	1260	N 45° 13' 04,7''	E 019° 48' 22,6''
	Novi Sad	1252 -1250	N 45° 15' 34,2''	E 019° 53' 22,3''
Prelazna zona (1192 - 1076)	Stari Banovci	1192	N 44° 59' 10,7''	E 020° 17' 38,9''
	Orešac	1124	N 44° 39' 20,8''	E 020° 49' 29,7''
	Smederevo	1112	N 44° 41' 36,7''	E 020° 57' 22,6''
	Ram	1076	N 44° 48' 42,0''	E 021° 22' 16,1''
Jezerska zona (1059 - 863,5)	Veliko Gradište	1059	N 44° 46' 16,4''	E 021° 31' 20,8''
	Donji Milanovac	991	N 44° 28' 12,4''	E 022° 08' 39,6''
	Tekija	956	N 44° 41' 11,6''	E 022° 24' 11,1''
	Kladovo	934	N 44° 37' 02,7''	E 022° 36' 34,8''
	Kusjak	863,5	N 44° 18' 40,9''	E 022° 33' 06,9''
Plavna zona (1082 - 1085)	Dubovački rit	1082 - 1085	N 44° 46' 46,6''	E 021° 11' 29,5''

Najuzvodnije područje istraživanja čini 10 kilometra toka reke, sa lokalitetima: Ledinci (1260 rkm) i Novi Sad (1252 – 1250 rkm) u rečnoj zoni, zatim sledi 116 kilometra toka i lokaliteti: Stari Banovci (1192 rkm); Orešac (1124 rkm); Smederevo (1112 rkm) i Ram (1076 rkm) u prelaznoj zoni, dok najnižvodnije područje obuhvata 195,5 km toka sa lokalitetima: Veliko Gradište (1059 rkm); Donji Milanovac (991 rkm); Tekija (956 rkm); Kladovo (934 rkm) i Kusjak (863,5 rkm). Plavna zona reke obuhvata tri kilometra toka (1082 - 1085 rkm), odnosno lokalitet Dubovački rit (Slika 12).



Slika 12. Karta toka reke Dunav kroz Srbiju (1260 – 863,5 r – km) sa pozicijama istraživanih lokaliteta: □ – rečna zona (lokaliteti sa leva na desno Ledinci i Novi Sad), ○ - prelazna zona (lokaliteti sa leva na desno Stari Banovci, Smederevo i Ram), Δ - jezerska zona (lokaliteti sa leva na desno Veliko Gradište, Donji Milanovac, Tekija, Kladovo i Kusjak) i ● – plavna zona (lokalitet Dubovački rit).

3.1. Metode uzorkovanja vode i sedimenta

Uzorci vode za analizu fizičkih i hemijskih parametara uzimani su Friedinger-ovom bocom zapremine 3 L, sa dubine od 0,5 m. Uzorci površinskog sedimenta uzimani su bagerom tipa Van Veen, zahvatne površine od 270 cm². Hemijske analize sedimenta vršene su na frakciji čestica manjih od 63 μm, koja je odvajana uređajem za frakcionisanje primenom vlažne procedure (upotrebom dejonizovane vode ili vode sa lokaliteta uzorkovanja).

Klasifikacija veličina čestica u supstratu vršena je vizuelnom procenom *in situ* i u laboratoriji, na osnovu veličine mineralnih čestica (Wentworth, 1922).

Na terenu su analizirani osnovni abiotički parametri: temperatura vode (°C), pH, rastvoreni kiseonik (mg/l), saturacija kiseonika (mg/l) i elektroprovodljivost (μS/cm na 20°C) korišćenjem multiparametarske sonde Horiba W-23XD (0,5 m ispod površine vode). Providnost vode je merena pomoću Secchi diska.

Hemijska analiza vode i sedimenta izvršena je korišćenjem standardnih metoda i tehnika (SRPS ISO, ISO, EPA i SMEWW) u laboratorijama Instituta za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ u Beogradu. Analizirani su sledeći parametri: stalna tvrdoća (mg/l) CaCO₃ (EPA metod 310.1); ukupna tvrdoća (Tvr) (mg/l) CaCO₃ (EPA 130.2); suspendovane materije (mg/l) (SMEWW 19th metoda 2540 D); ukupni isparljiv ostatak na 105°C (mg/l) (SMEWW 19th metoda 2540 B); petodnevna biološka potrošnja kiseonika (BPK₅) (mg/l O₂) (SRPS ISO 5813:1994, SRPS EN 1899-2:2009); hemijska potrošnja kiseonika (HPK) (mg/l O₂) (SRPS ISO 6060:1990); amonijum jon (NH₃) (mg/l) (PRI P-V-2A); nitriti (NO₂) (mg/l) (PRI P-V-32/A); nitrati (NO₃) (mg/l) (EPA 300.1); ukupni azot (mg/l) N (ISO 10048:1991, SRPS EN 12260:2008); ukupni fosfati (mg/l) (EPA 207. Rev 5, SRPS EN ISO 6878:2008); hloridi (mg/l) (SRPS ISO 9297:1994); sulfati (mg/l) (EPA 300.1); metali (mg/l): bakar (Cu), nikel (Ni), olovo (Pb), kadmijum (Cd), arsen (As), gvožđe (Fe) (EPA 207. Rev 5, EPA 200.8) i fenoli (mg/l) (SRPS ISO 6439:1997). Analizirani su i sledeći parametri (mg/l): kalcijum (Ca), kalijum (K), magnezijum (Mg), mangan (Mn), natrijum (Na) i silikati (SiO₂) (EPA 207. Rev 5, EPA 200.8).

Analiza uzoraka sedimenta vršena je korišćenjem standardnih metoda i tehnika (SRPS ISO, ISO, EPA) u laboratorijama Instituta za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ u Beogradu i analizirani su sledeći parametri: sadržaj metala (mg/kg) As, Cu, Zn, ukupni Cr, Cd, Ni, Pb (EPA 3050 B (postupak A) 1996, SRPS ISO 11466:2004, EPA 200.72001) i Hg (EPA 245.1); ukupni policiklični aromatični ugljovodonici (PAH) (ISO 18287: 2006), ukupni polihlorovani bifenili (PCB) (ISO 10382:2002).

Parametri koji su imali vrednosti ispod praga detekcije za datu metodu, za potrebe statističke analize uneti su kao polovina praga detekcije za svaki zabeleženi parametar (Skorić i sar., 2012).

Rezultati analiziranih parametara kvaliteta vode razmatrani su na osnovu Pravilnika o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda („Službeni glasnik RS“, 74/2011).

3.2. Metode uzorkovanja makroinvertebrata

Za prikupljanje uzoraka makroinvertebrata korišćeni su: bentosna mreža "kick-netting" tipa (promer okca 500 μm), Surber-ova mreža (promer okca 250 μm) i Van Veen-ov bager zahvatne površine 270 cm^2 . Ispiranjem kroz sito promera okaca 200 μm , akvatični beskičmenjaci su izdvojeni iz sedimenta. Uzorci su fiksirani 4% formaldehidom, 96% alkoholom ili bez fiksatora transportovani u laboratoriju. Sortiranje i identifikovanje makroinvertebrata izvršeno je korišćenjem stereomikroskopa (MBL2000, Krüss, Nemačka) i binokularne lupe (MSZ5000, Krüss, Nemačka).

Identifikacija biološkog materijala vršena je upotrebom sledeće literature: Zhadin, 1952; Bole, 1969; Brinkhurst and Jamieson, 1971; Lellak, 1980; Wiederholm, 1983; Sladeček and Košel, 1984; Edington and Hildrew, 1995; Pescador i sar., 1995; Nilsson 1996a, 1996b; Timm, 1999; Maschwitz and Cook, 2000; Pflieger, 1999; Epler, 2001; Glöer, 2002; Glöer and Meier-Brook, 2003; Killeen i sar., 2004; Korniuschin, 2004.

Nomenklatura i klasifikacija data je prema fauni Evrope (Fauna Europea - FE) (De Jong, 2013).

3.2.1. Kvalitativni sastav zajednica Bivalvia i Gastropoda

Kvalitativni sastav taksona iz grupa Gastropoda i Bivalvia zabeležen u periodu od 2007. do 2011. godine prikazan je u Prilozima 1a, 1b, 1c i 1d. Učestalost pojave (frekvencija, $F = 0-1$) na istraživanim lokalitetima predstavljen je po formuli: $F = m \cdot M^{-1}$, gde m predstavlja broj lokaliteta na kojima je određen takson nađen, a M je ukupan broj lokaliteta.

3.2.2. Ekološke analize

Za procenu ekološkog statusa korišćeni su sledeći pokazatelji: indeks saprobnosti (SI; Zelinka and Marvan, 1961) i Shannon-Wiener indeks diverziteta (H'). Za saprobiološku analizu primenjena je indikatorska lista po Moog-u (Moog, 2002).

Procena diverziteta je izvršena na osnovu četiri indeksa: Shannon- Wiener indeksa (H'), Margalef indeksa (M), Simpson indeksa (S). Razmatranje je obuhvatilo i Evenness indeks (Pilou, 1966). Analizirani su tipovi ishrane i preferencija ka određenom tipu staništa, brzini toka, podloge, kao i zastupljenost organizama sa preferencijom prema određenoj zoni rečnog toka korišćenjem softverskog paketa ASTERICS 3.1.1. (AQEM 2002).

3.2.3. Statistička obrada podataka

Odnosi zastupljenosti zabeleženih grupa makroinvertebrata na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 r – km) u periodu od 2007 – 2011. godine, analizirani su upotrebom statističkog programa "Statistica" verzija 7 (StatSoft, Inc., 2004). Procentualno učešće pojedinih grupa računato je upotrebom softverskog paketa ASTERICS 3.1.1. (AQEM, 2002).

Odnos zajednice slatkovodnih mekušaca, kao i procena uticaja sredinskih faktora na analiziranu zajednicu, obrađena je odabranim statističkim metodama kao što su: testovi značajnosti, korelaciona analiza (Pearson-ov r koeficijent), klaster analiza, korespondentna analiza (CA), detrendovana korespondentna analiza (DCA) i kanonijsko-korespondentna analiza (CCA) (Ter Braak and Prentice, 1988; Ter Braak and Verdonschot, 1995; Leps and Smilauer, 2003), uz pomoć statističkih softvera "Statistica" verzija 7 (StatSoft, Inc., 2004), "Flora" verzija 2013 (Karadžić and Marinković, 2009; Karadžić, 2013) i PAST, version 2.14 (Hammer i sar., 2001).

Odabir najznačajnijih sredinskih faktora urađen je prethodnom analizom sredinskih faktora („Forward Selection“ analizom - FS), uz korišćenje Pearson-ovog korelacionog testa. Monte Carlo permutacioni test (999 permutacija, $p < 0,05$) urađen je kako bi se proverila statistička značajnost sume svih svojstvenih vrednosti (eigen vrednost) pomoću statističkog programa FLORA verzija 2013 (Karadžić and Marinković, 2009; Karadžić, 2013).

3.3. Molekularne analize

Molekularnim analizama obuhvaćeno je ukupno 17 jedinki, 16 iz Srbije (lokalitet Dubovački rit) i jedna jedinka iz Crne Gore (reka Komarnica).

Istraživanja filogenetskih odnosa kod sedam vrsta iz reda Basommatophora urađena su na osnovu 54 sekvence (16S rDNK i COI), od čega su 22 sekvence preuzete iz GenBank baze podataka pri NCBI-u (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>, National Center for Biotechnology Information) (Tabela 2), a preoste 32 sekvence su iz uzorkovanih jedinki (Tabela 3).

Tabela 2. Podaci o jedinkama čije su sekvence gena 16S rDNK i COI preuzete iz banke gena i korišćene u filogenetskim analizama.

R. broj	Vrsta	Država	Pristupni broj	Gen	
				16S rDNK	COI
1	<i>Ancylus fluviatilis</i>	Nemačka	EF489312	+	-
2	<i>Physella acuta</i>	SAD	KF850479	+	-
3	<i>Physella acuta</i>	SAD	KF850476	+	-
4	<i>Physella acuta</i>	SAD	AY651241	+	-
5	<i>Physella acuta</i>	SAD	AY651226	+	-
6	<i>Physella acuta</i>	SAD	KJ769124	-	+
7	<i>Physella acuta</i>	SAD	KJ769123	-	+
8	<i>Physella acuta</i>	Grčka	KF737952	-	+
9	<i>Physella acuta</i>	Grčka	KF737951	-	+
10	<i>Planorbarius corneus</i>	Nemačka	FR797857	-	+
11	<i>Planorbarius corneus</i>	Danska	AY577473	+	-
12	<i>Radix labiata</i>	Srbija	EU818828	-	+
13	<i>Ferrissia fragilis</i>	SAD	DQ452037	+	-
14	<i>Ferrissia fragilis</i>	SAD	DQ452036	+	-
15	<i>Ferrissia fragilis</i>	SAD	DQ328265	-	+
16	<i>Ferrissia fragilis</i>	SAD	DQ328266	-	+
17	<i>Ferrissia fragilis</i>	Italija	HQ732259	+	-
18	<i>Ferrissia fragilis</i>	Italija	HQ732258	+	-
19	<i>Ferrissia fragilis</i>	Italija	HQ732257	-	+
20	<i>Ferrissia fragilis</i>	Italija	HQ732256	-	+
21	<i>Siphonaria sp.</i>	Australija	KF000991	+	-
22	<i>Siphonaria sp.</i>	Australija	KF000839	-	+

Tabela 3. Uzorci korišćeni u filogenetskim analizama na genima 16S rDNK i COI.

R. broj	Vrsta	Država, Lokalitet	Naziv uzorka	Gen	
				16S rDNK	COI
1	<i>Ancylus fluviatilis</i>	Crna Gora, Komarnica	MR1c	-	+
2	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR19c	-	+
3	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR20c	-	+
4	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR21c	-	+
5	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR22c	-	+
6	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR23c	-	+
7	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR24c	-	+
8	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR19	+	-
9	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR20	+	-
10	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR21	+	-
11	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR22	+	-
12	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR23	+	-
13	<i>Physella acuta</i>	Srbija, Dubovački rit	MR24	+	-
14	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR26c	-	+
15	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR27c	-	+
16	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR29c	-	+
17	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR30c	-	+
18	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR31c	-	+
19	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR32c	-	+
20	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR48c	-	+
21	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR26	+	-
22	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR27	+	-
23	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR29	+	-
24	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR30	+	-
25	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR31	+	-
26	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR32	+	-
27	<i>Planorbarius corneus</i>	Srbija, Dubovački rit	MR48	+	-
28	<i>Radix labiata</i>	Srbija, Dubovački rit	MR18	+	-
29	<i>Stagnicola palustris</i>	Srbija, Dubovački rit	MR28c	-	+
30	<i>Stagnicola palustris</i>	Srbija, Dubovački rit	MR28	+	-
31	<i>Lymnaea stagnalis</i>	Srbija, Dubovački rit	MR39c	-	+
32	<i>Lymnaea stagnalis</i>	Srbija, Dubovački rit	MR39	+	-

3.3.1. Izolacija mekih tkiva puževa

Uzorci puževa za potrebe molekularnih analiza, doneti su sa terena živi, bez upotrebe fiksativa. Meka tkiva su izolovana primenom primenom MWO metode (Microwave oven, MWO - mikrotalasna pećnica). Jedinke su tretirane mikrotalasima u mikrotalasnoj pećnici MO17DE, Gorenje (izlazna snaga od 700 w) u različitim vremenskim intervalima, u zavisnosti od dužine ljuštura, a prema Galindo-vom protokolu (Galindo i sar., 2014) modifikovanom za slatkovodne puževe.

Primena MWO metode omogućila je čuvanje neoštećenih ljuštura za deponovanje u zbirci Odeljenja za hidroekologiju i zaštitu voda Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“. Za potrebe molekularne analize, mekani deo tela je čuvan u 96% etil-alkoholu. Za analizu je korišćeno samo stopalo.

Modifikovani protokol za MWO metod:

I: mali puževi - dužine ljuštura od 2-5 mm tretirani su elektromagnetnim talasima u mikrotalasnoj pećnici u trajanju od 5-9 s: 2 mm – 5 s / *Gyraulus crista* (Linnaeus, 1758); 4 mm – 6 s / *Bathymphalus contortus* (L., 1758); 4 mm – 7 s / *Segmentina nitida* (M., 1774);

II: srednji puževi - dužine ljuštura od 5-20 mm tretirani su elektromagnetnim talasima u mikrotalasnoj pećnici u trajanju od 8-20 s: 8 mm – 10 s / *Anisus vortex* (L., 1758); 9 mm – 12 s (13 mm – 15 s) / *Physella acuta* (D., 1805); 15 mm – 17 s (18 mm – 20 s) / *Planorbis planorbis* (L., 1758); 19 mm – 20 s / *Radix labiata* (R., 1835);

III: veliki puževi - dužine ljuštura od 20-40 mm tretirani su elektromagnetnim talasima u mikrotalasnoj pećnici u trajanju od 20-40 s: .25 mm – 30 s (35 mm – 40 s) / *Planorbarius corneus* (L., 1758);

IV: najveći puževi - dužine ljuštura veće od 40 mm tretirani su elektromagnetnim talasima u mikrotalasnoj pećnici u trajanju od 40 s i više: 47 mm – 50 s / *Lymnaea stagnalis* (L., 1758).

3.3.2. Izolacija, amplifikacija i sekvenciranje DNK

Izolacija DNK, kao i lančana reakcija polimeraze su rađene u PCR laboratoriji Instituta za zoologiju Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Tkiva koja su čuvana u 96% alkoholu su prvo isprana destilovanom vodom, a zatim su usitnjena na sterilisanim predmetnim pločicama pomoću skalpela koji je sterilisan plamenom između uzorka radi sprečavanja kontaminacije. Usitnjeni delovi uzoraka su zatim preneti u tubice od 1,5 ml. Izolacija DNK urađena je korišćenjem kitova AccuPrep® Genomic DNA Extraction Kit (ALL BIONEER, Korea) i Thermo Scientific GeneJET Genomic DNA Purification Kit (Thermo Scientific, USA) prateći uputstva proizvođača.

Lančanom reakcijom polimeraze - PCR (eng. Polymerase Chain Reaction) umnožen je region mitohondrijske DNK (mtDNK) dužine od oko 500 baznih parova (u daljem tekstu - „bp“), za 16S rDNK, odnosno oko 350 bp za dvostepeni PCR i barkoding region (dužine oko 600 bp) za citohrom oksidazu I (COI).

PCR amplifikacija DNK je urađena u zapremini od 25 µl, koja sadrži 1 µl izolovane DNK; 12,5 µl 1 × KAPA2G Robust HotStart ReadyMix (sadrži 2 mM MgCl₂ u koncentraciji 1X); 1,25 µl (0,5 µM) svakog od prajmera i 9 µl vode.

Prajmeri koji su korišćeni pri amplifikaciji fragmenata 16S rDNK su sledeći:

16Sar: 5'-CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT-3'

16SBR: 5'-CCG GTC TGA ACT CAG ATC ACG T-3'

16S-A: 5'-TGA CTG TGC AAA GGT AGC-3' (Palumbi i sar., 1991)

Prajmeri koji su korišćeni za amplifikaciju fragmenata COI su sledeći:

LCO-1490: 5'- GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3'

HCO-2198: 5'- TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3' (Folmer i sar., 1994)

U prvom koraku, pri visokoj temperaturi dolazi do denaturacije dvolančanog molekula DNK uzorka. Snižavanjem temperature u drugom koraku, prajmeri naležu uz komplementarna mesta na jednolančanom molekulu DNK uzorka. U trećem koraku uz prisustvo enzima polimeraze sintetizuje se komplementarni lanac DNK između početnih oligonukleotida. Za PCR reakciju su korišćeni sledeći protokoli:

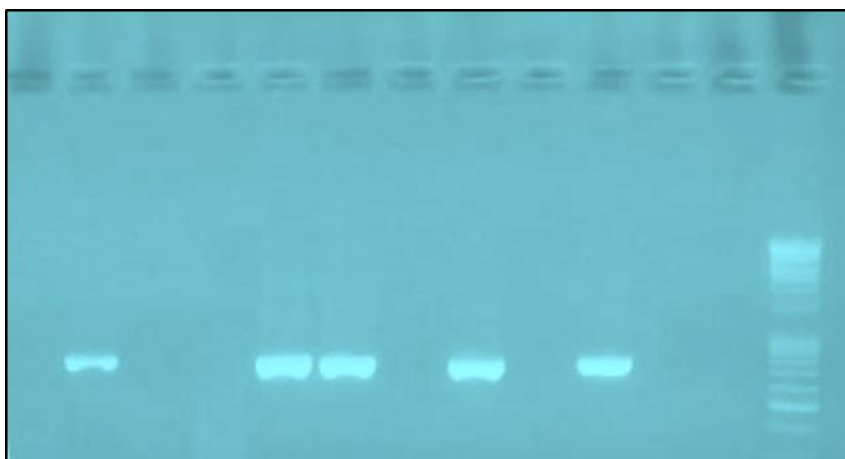
Protokol za COI:

I korak: 5 min. na 95°C – inicijalna denaturacija; II korak: 35 ciklusa, 1 min. na 94°C, 1 min. na 54°C i 90 s na 72°C i III korak: 7 min. na 72°C – finalna ekstenzija.

Protokol za 16S rDNK:

I korak: 3 min. na 94°C – inicijalna denaturacija; II korak: 38 ciklusa, 30 s na 94°C, 30 s na 56°C i 45 s na 72°C i III korak: 5 minuta na 72°C – finalna ekstenzija.

Nakon završetka PCR reakcije, izvršena je provera kvaliteta i dužine PCR produkta (za oba genska markera) na 1% agaroznom gelu u 0,5 x TBE puferu obojenim Midori-greenom (Nippon Genetics) i vizualiziranim pod UV transiluminatorom (Slika 13). Dužina fragmenata je utvrđena pomoću markera od 100 bp (SERVA DNA 100 Bp DNA Ladder).



Slika 13. Fotografija agaroznog gela i produkata lančane reakcije polimerazom gena za 16S rDNK nakon elektroforeze i bojenja Midori-greenom.

Prečišćavanje amplifikovanih uzoraka izvršeno je pomoću QIAGEN QIAquick[®] PCR Purification Kit-a prema uputstvu proizvođača. Provera čistoće prečišćenih uzoraka izvršena pomoću horizontalne elektroforeze (na 1% agaroznom gelu). Kvantifikacija PCR produkata određena je vizuelnim poređenjem sa markerom SERVA DNA 100 Bp DNA Ladder.

Amplifikovani barkoding region COI gena, kao i 16S rDNK gena, za svaki uzork sekvenciran je upotrebom oba prajmera (forvard i reverzni). Sekvenciranje fragmenata mtDNK urađeno je u kompaniji Macrogen Inc. (Amsterdam, Netherland) i preuzeto sa korisničke stranice Macrogen (<http://dna.macrogen.com/>).

3.3.3. Filogenetske analize

Filogenetski odnosi slakovodnih puževa (Basommatophora) sa prostora trajno poplavljenih područja reke Dunav urađeni su na osnovu sekvenci dobijenih iz uzorkovanih jedinki kao i sekvenci preuzetih iz banke gena. Za utvrđivanje grešaka i polimorfni mesta na krajevima sekvenci upotrebljen je program Sequencher 5.2.4.

Upoređivanje dobijenih sekvenci sa sekvencama koje postoje u bazi podataka banke gena urađeno je pomoću Basic Local Alignment Tool (BLAST) na <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>.

Sekvence su poravnate pomoću programa ClustalW sa već zadatim parametrima u programskom paketu MEGA 6.0 (Tamura i sar., 2013).

Za izradu filogenetskih stabala u okviru odabranih vrsta iz reda Basommatophora korišćeni su programi MEGA 6.0 (Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0., Tamura i sar., 2013) i BEAST 2.0.2 (A software platform for Bayesian evolutionary analysis, Bouckaert i sar., 2014).

Za rekonstruisanje filogenetskih stabala najbolje je kombinovati više metoda kako bi se povećala verodostojnost dobijenih rezultata. U ovom radu su korišćene dve metode molekularne filogenije za dobijanje filogenetskih stabala: Bayesian metod (Bouckaert i sar., 2014) i metoda maksimalne verovatnoće „Maximum Likelihood“ (ML) (Felsenstein, 1985; Tamura and Nei, 1993; Tamura i sar., 2013).

ML metoda pokazuje najverovatniji rezultat (stabla) za dati model evolucione promene sleda DNK sekvenci. Program MEGA 6.0, poseduje opciju za testiranje

modela koji najviše odgovara ulaznim podacima. U ovom slučaju to je HKY model (Hasegawa-Kishino-Yano model). U ovom slučaju konsenzus stablo je izvedeno iz 500 ponavljanja, a brojevi pored grana predstavljaju procentualne vrednosti podrške ponavljanja grananja.

Ukorenjeni filogrami, nastali kao rezultat Bayesian metoda prikazani su sa vrednostima naknadne verovatnoće (eng. posterior probabilities) u čvorovima grananja. Model supstitucije baznih parova u sekvencama kao i prateći parametri su dobijeni u programu jModelTest 2.1.1 (Darriba i sar., 2012) koristeći AIC kriterijum (Akaike, 1974). Dobijena su dva modela posebno za COI sekvence i za 16S rDNK sekvence. Za COI je dobijen model TPM1uf+G, a za 16S rDNK model TVM+I+G. Ovi modeli su korišćeni u Bayesian analizama u programu BEAST 2.0.2. Urađene su tri nezavisne analize koje su kombinovane u jednu koristeći LogCombiner 2.0.2 (<http://beast2.cs.auckland.ac.nz/>). Program Tracer 1.5 (<http://beast.bio.ed.ac.uk/Tracer>) je korišćen da se utvrdi efektivna veličina uzorka za svaki od parametara. Finalni izgled filogenetskih stabala je dobijen uz pomoć progama TreeAnnotator v.1.7.4 (<http://beast2.cs.auckland.ac.nz/>), a stabla su vizualizovana u programu FigTree v.1.3.1 (<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>).

Za vizuelizaciju odnosa haplotipova 16S rDNK kod vrste *Physella acuta* i *Planorbarius corneus* korišćen je program TCS 1.21 (Clement i sar., 2000).

4. REZULTATI

Limnološkim istraživanjima Dunava obuhvaćeno je 324,5 kilometara glavnog toka Dunava (1260 – 863,5 rkm) i plavno područje locirano uz levu obalu, u sektoru od 1082 do 1085 rkm. Navedena istraživanja daju pregled sastava i distribucije malakofaune u zajednici akvatičnih beskičmenjaka pri različitim uticajima antropogenog pritiska, počev od oscilacija kvaliteta vode/sedimenta, pa sve do registrovanja alohtonih vrsta u našim vodama kao posledica čovekovih direktnih i posrednih aktivnosti.

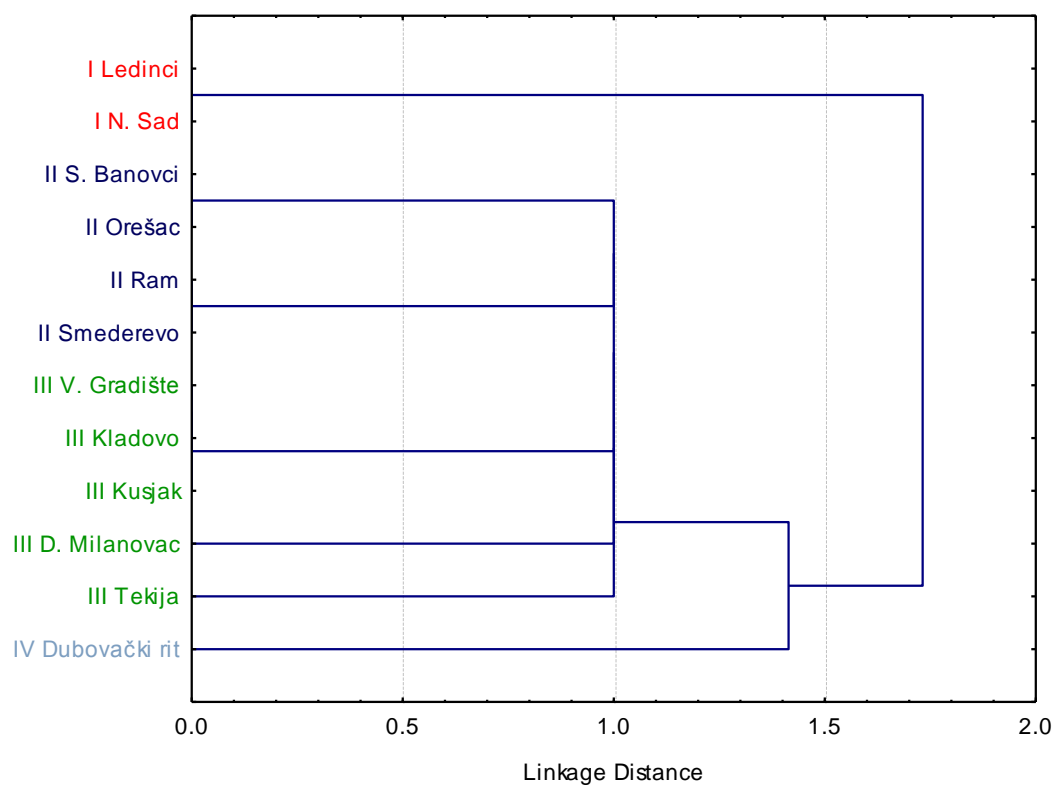
4.1. Analiza podloge istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm)

Ukupno je analizirano 512 uzoraka, sa 11 lokaliteta, grupisanih u tri zone glavnog toka reke (rečna, prelazna i jezerska zona) i jedan lokalitet u plavnoj zoni. Uzorci su prikupljeni u tri ponavljanja sezonski, četiri puta godišnje (april, jun, septembar i novembar) za svaku godinu istraživanja. Uzorci uglavnom potiču sa različitih tipova podloge klasifikovane prema mehaničkim svojstvima prisutnih čestica/frakcija u podlozi, određenih: *in situ* (Wentworth, 1922) i u laboratoriji. Klaster analizom prikazana je homogenost lokaliteta prema određenom tipu podloge (Slika 14).

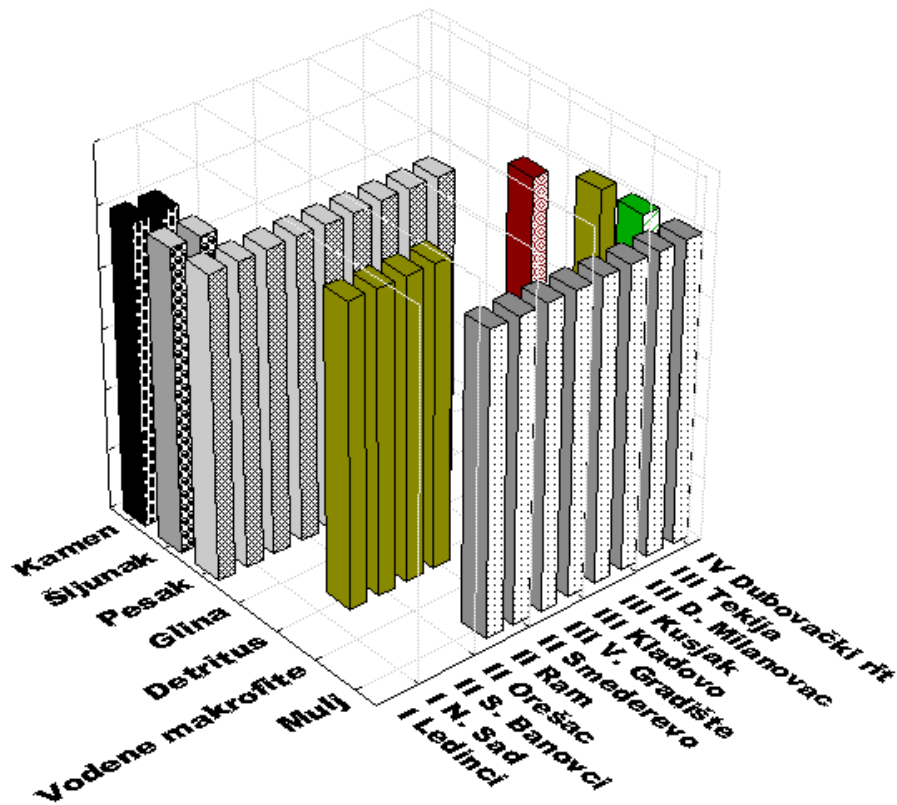
Na UPGMA dendrogramu uočava se homogenost lokaliteta u rečnoj zoni (Ledinci i Novi Sad) koji se izdvajaju u poseban klaster, usled dominantnog prisustva krupnijih frakcija u podlozi (kamen, šljunak i pesak). Lokaliteti prelazne (Stari Banovci, Orešac, Ram i Smederevo) i jezerske zone (Veliko Gradište, Tekija, Kladovo i Kusjak) izdvajaju se u poseban klaster, sa velikom homogenošću u odnosu na tip supstrata.

Plavna zona (Dubovački rit) odvajaju se u zaseban klaster, što je i očekivano, zbog prisustva specifične podloge tipične za barsko-močvarna staništa, a karakterišu je naslage mulja, detritusa i delova vodenih makrofitu.

U delu istraživanog toka Dunava koji obuhvata lokalitete prelazne zone dominira mešoviti tip supstrata, sastavljen od peska, mulja i detritusa, dok lokalitete jezerske zone karakteriše dominantnost mulja, povremeno sa primesama gline, ali je zabeležena i pojava krupnijih frakcija, pre svega peska, posebno u priobalnom delu (Slika 15).



Slika 14. Homogenost istraživanih lokaliteta prema vizuelnoj proceni tipova supstrata predstavljena UPGMA dendrogramom (I-lokaliteti rečne zone, II-lokaliteti prelazne zone, III-lokaliteti jezerske zone, IV-lokalitet plavne zone).



Slika 15. Vizuelni prikaz zastupljenosti zabeleženih tipova podloge na istraživanim lokalitetima (I-lokaliteti rečne zone, II-lokaliteti prelazne zone, III-lokaliteti jezerske zone, IV-lokalitet plavne zone).

4.2. Analiza fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode Dunava (1260 – 863,5 rkm)

Rezultati analize fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode na istraživanim lokalitetima prikazani su tabelarno u Prilogu 2a, 2b i 2c i izraženi su kao minimalne, maksimalne i srednje zabeležene vrednosti tokom petogodišnjeg ciklusa istraživanja.

Tokom perioda uzorkovanja dubina vode na lokalitetima u rečnoj zoni varirala je od 3 m u Ledincima do 11,50 m u Novom Sadu, dok se providnost vode na pomenutim lokalitetima kretala u vrednostima od 0,55 m takođe u Ledincima do 1 m u Novom Sadu. Dubina vode na lokalitetima prelazne zone kretala se 1 m (Stari Banovci, Smederevo i Ram) do 17,50 m u Ramu, dok je minimalna providnost iznosila 0,50 m

(Stari Banovci i Ram), a maksimalna 1,70 m u Smederevu. Minimalna dubina vode na lokalitetima u jezerskoj zoni iznosila je 1 m u Kladovu, dok je maksimalna dubina zabeležena u Tekiji i iznosila je 37 m, što je ujedno i maksimalno izmerena dubina tokom celokupnog perioda uzorkovanja. Providnost vode u jezerskoj zoni kretala se u granicama od 0,50 m u Donjem Milanovcu do 3,80 m u Kusjaku. U plavnoj zoni, odnosno Dubovačkom ritu izmerene su minimalne vrednosti dubine vode od 0,20 m i providnosti 0,15 m za ceo period uzorkovanja, dok su maksimalne vrednosti za navedeni lokalitet bile takođe veoma male (dubina od 1 m i providnost 0,80 m).

Temperatura vode u rečnoj zoni kretala se od 13,6°C do 24,3°C. U prelaznoj zoni minimalna i maksimalna temperatura vode zabeležena je na lokalitetu Ram (7,5°C - 25,3°C), dok je u jezerskoj zoni minimalna i maksimalna temperatura vode zabeležena na lokalitetu Donji Milanovac (7,3°C - 25,4°C). Minimalna zabeležena temperatura vode u Dubovačkom ritu iznosila je 13°C dok je maksimalna vrednost iznosila 28,2°C, što je ujedno i najveća izmerena temperatura u celokupnom periodu istraživanja.

Minimalne i maksimalne vrednosti mutnoće vode u rečnoj zoni zabeležene su na lokalitetu Ledinci (5,90 NTU i 42 NTU), u prelaznoj zoni minimalna mutnoća zabeležena je na lokalitetu Ram (2,40 NTU) dok je maksimalna mutnoća zabeležena u Smederevu (9,20 NTU). U jezerskoj zoni minimalna mutnoća vode zabeležena je u Tekiji (1 NTU), a maksimalna u Velikom Gradištu (8,50 NTU). U Dubovačkom ritu mutnoća vode nije analizirana.

Minimalne vrednosti suspendovanih materija u vodi rečne zone registrovane su u Ledincima 16,30 mg/L, u vodi prelazne zone u Orešcu 2,60 mg/L, dok je u jezerskoj zoni minimalna vrednost suspendovanih materija iznosila 2,20 mg/L u Kladovu. Maksimalne vrednosti suspendovanih materija u vodi zabeležene su u Ledincima 58,40 mg/L, zatim 35,20 mg/L u Orešcu i u jezerskoj zoni maksimalna vrednost zabeležena je u Donjem Milanovcu u vrednosti od 19,25 mg/L.

Voda je na svim ispitivanim lokalitetima bila slabo alkalnog karaktera. U rečnoj zoni pH vrednost varirala je od 7,88 u Ledincima do 8,61 u Novom Sadu, u prelaznoj zoni zabeležene su pH vrednosti u rasponu od 7,25 u Ramu do 8,31 u Starim Banovcima. U jezerskoj zoni minimalna pH vrednost zabeležena je u Velikom Gradištu, dok je maksimalna od 8,24 bila zabeležena u Tekiji. U plavnoj zoni pH vrednost varirala je od 7,40 do 7,90.

Konduktivitet, odnosno električna provodljivost u direktnoj je vezi sa koncentracijom jona i temperaturom vode. Najmanja i najveća električna provodljivost u rečnoj zoni zabeležena je u Ledincima (316 $\mu\text{S/cm}$, 444 $\mu\text{S/cm}$), u prelaznoj zoni minimalnih 297 $\mu\text{S/cm}$ zabeleženo je u Smederevu, dok je maksimalnih 477 $\mu\text{S/cm}$ zabeleženo u Starim Banovcima, dok je u jezerskoj zoni minimalna vrednost iznosila 295 $\mu\text{S/cm}$ u Kusjaku, a maksimalna 454 $\mu\text{S/cm}$ u Kladovu. U plavnoj zoni elektroprovodljivost varirala je od 370 $\mu\text{S/cm}$ do 400 $\mu\text{S/cm}$.

Ukupna tvrdoća vode (CaCO_3) bila je u granicama srednje tvrdoće, sa povremenim odstupanjima do veoma tvrde vode. U rečnoj zoni ukupna tvrdoća vode varirala je od 129,70 mg/L u Ledincima do 296,6 mg/L u Novom Sadu, u prelaznoj zoni 126,00 mg/L zabeleženo je u Ramu, dok je 262,6 mg/L zabeleženo u Starim Banovcima. U jezerskoj zoni minimalna zabeležena vrednost iznosila je 137,00 mg/L u Velikom Gradištu, dok je maksimalna vrednost iznosila 454 mg/L.

Minimalna zabeležena stalna tvrdoća (CaCO_3) u rečnoj zoni zabeležena je u Novom Sadu u vrednosti od 11,70 mg/L, dok je maksimalna vrednost iznosila 60,30 mg/L u Ledincima. U prelaznoj zoni minimalna i maksimalna vrednost zabeležene su u Ramu u rasponu od 24,50 mg/L do 82,25 mg/L, dok je u jezerskoj zoni minimalna vrednost stalne tvrdoće vode zabeležena u Velikom Gradištu (24,50 mg/L), a maksimalna u Kladovu (82,90 mg/L). U plavnoj zoni ukupna i stalna tvrdoća vode nisu merene.

Vrednosti suvog ostatka rađenog na 105°C pokazuje stepen mineralizacije vode na ispitivanim lokalitetima. Vrednosti suvog ostatka u rečnoj zoni kretale su se u opsegu od 237 mg/L u Ledincima do 296,9 mg/L u Novom Sadu. U prelaznoj zoni vrednosti navedenog parametara varirale su od 193 mg/L u Smederevu do 353 mg/L u Starim Banovcima, dok su u jezerskoj zoni i minimalne i maksimalne vrednosti zabeležene u Velikom Gradištu od 204 mg/L do 338 mg/L. U plavnoj zoni vrednosti suvog ostatka kretale su se od 237 mg/L do 259 mg/L.

Hlorofil a u rečnoj zoni kretao se u intervalu od 0,74 $\mu\text{g/L}$ u Ledincima do 41,74 $\mu\text{g/L}$ u Novom Sadu, u prelaznoj zoni od 0,20 $\mu\text{g/L}$ do 5,62 $\mu\text{g/L}$ u Ramu, u jezerskoj zoni od 0,15 $\mu\text{g/L}$ u Tekiji i Kladovu do 3,99 $\mu\text{g/L}$ u Velikom Gradištu. U plavnoj zoni vrednosti hlorofila-a varirale su od 38 $\mu\text{g/L}$ do 53 $\mu\text{g/L}$.

Minimalna vrednost hemijske potrošnje kiseonika na lokalitetima u rečnoj, prelaznoj i jezerskoj zoni iznosila je 5 O₂ mg/L, a u plavnoj zoni 4 O₂ mg /L, dok su se maksimalne vrednosti kretale od 12 O₂ mg/L u Ledincima i Novom Sadu, 19,80 mg O₂ mg/L u Smederevu, zatim 15,20 O₂ mg/L u Kladovu do 17,60 O₂ mg/L u Dubovačkom ritu.

Vrednosti petodnevne biološke potrošnje kiseonika (BPK₅) kretale su se od 1,11 O₂ mg/L u Ledincima do 4,58 O₂ mg/L u Novom Sadu u rečnoj zoni, od 0,65 O₂ mg/L do 4 O₂ mg/L u Smederevu, prelaznoj zoni, zatim u jezerskoj zoni od 0,30 O₂ mg/L u Kladovu do 4,20 O₂ mg/L u Donjem Milanovcu. U plavnoj zoni minimalna vrednost BPK₅ izosila je 1,90 O₂ mg/L, dok je maksimalna zabeležena vrednost iznosila 17,60 O₂ mg/L.

Vrednosti rastvorenog kiseonika i saturacije u rečnoj zoni kretale su se u intervalu od 7,58 mg/L u Ledincima i Novom Sadu do 14,28 mg/L u Ledincima, odnosno 89,80% do 139,4%. U prelaznoj zoni vrednosti za navedene parametre kretale su se od 4,30 mg/L u Ramu do 14,10 u Smederevu, dok je saturacija bila u opsegu od 51,80% takođe u Ramu odnosno 130,7% u Smederevu. U plavnoj zoni vrednosti rastvorenog kiseonika i saturacije varirale su od 1,50 O₂ mg/L do 2,20 O₂ mg/L, odnosno od 17% do 25%.

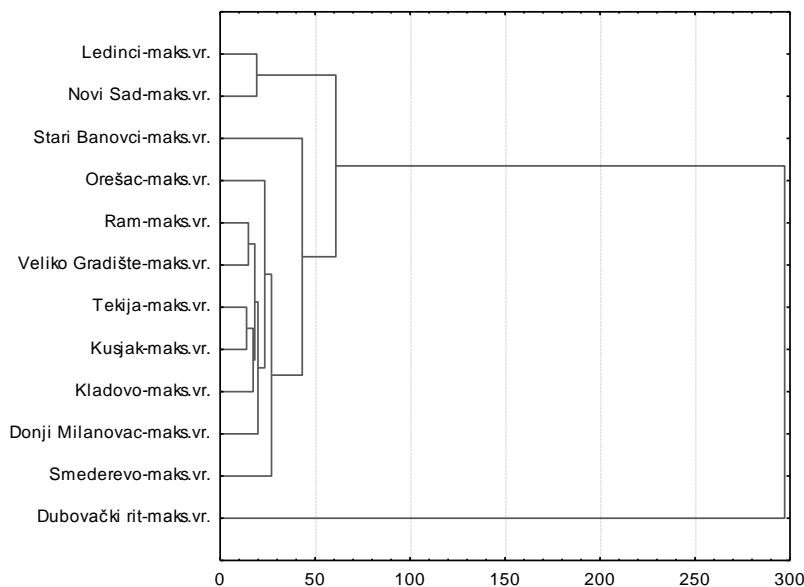
Iz navedenih vrednosti možemo uočiti da se kiseonični režim razlikuje po vrednostima u glavnom toku reke i plavnoj zoni, što je i očekivano usled opštih hidroloških karakteristika navedenih delova reke. Povoljne koncentracije kiseonika ukazuju na relativno malo zagađenje vode, pre svega organskim zagađivačima, a pojedine vrednosti BPK₅ to i potvrđuju.

Vrednosti za kalcijum (Ca) i magnezijum (Mg) varirale su u rečnoj zoni od 36,10 mg/L za Ca, odnosno 9,60 mg/L za Mg u Ledincima, do 79,68 mg/L za Ca, odnosno 23,72 mg/L za Mg u Novom Sadu. U prelaznoj zoni vrednosti za navedene parametre vode varirale su od 35,10 mg/L za Ca u Ramu, zatim 8,60 mg/L za Mg u Starim Banovcima i Ramu do 68,15 mg/L za Ca u Starim Banovcima i Ramu, odnosno 22,44 mg/L za Mg u Starim Banovcima. U jezerskoj zoni vrednosti za Ca varirale su od 37,40 mg/L u Donjem Milanovcu do 66,58 u Kladovu, dok su vrednosti za Mg varirale od 8,30 u Tekiji do 21,10 mg/L u Donjem Milanovcu. Vrednosti za nitrite kretale su se od minimalnih 0,0025 mg N/L u Ledincima, Novom Sadu, Smederevu i Ramu pa do

0.017 mg N/L u Novom Sadu, 0,043 u Ramu, do maksimalnih 0,133 mg N/L u Kladovu.

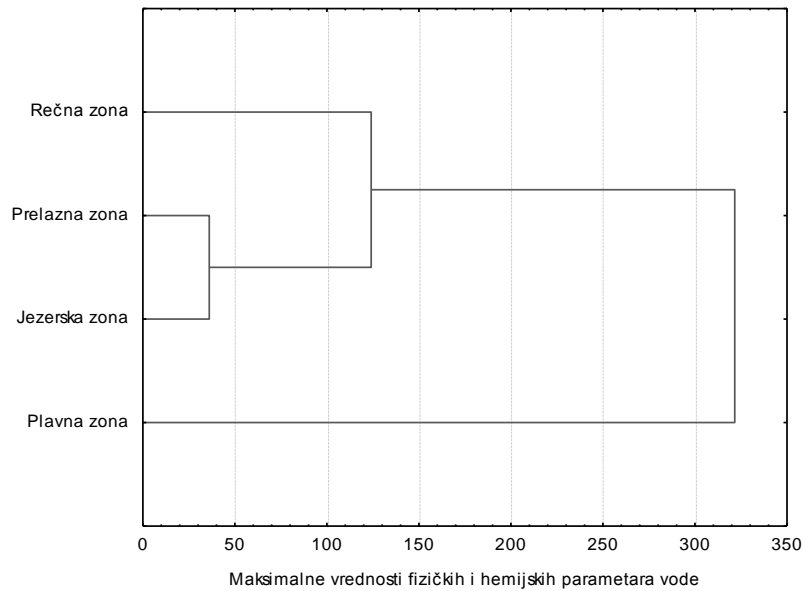
Primenom multivarijantne klaster analize, analizirani su odnosi između lokaliteta/rečnih zona na osnovu Euklidove distance (DE - Euclidean distance), prema maksimalnim, srednjim i minimalnim vrednostima za 35 fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode. Rezultujući UPGMA (eng: average linkage between groups; prosečna veza između grupa) dendrogrami pokazuju visoki interni homogenitet unutar klastera/lokaliteta, odnosno visoki eksterni heterogenitet analiziranih zona reke.

Prvi dendrogram prikazuje grupisanje lokaliteta u klastere u odnosu na maksimalne zabeležene vrednosti analiziranih parametara kvaliteta vode (Slika 16a), gde se jasno uočava izdvajanje klastera/lokaliteta Ledinci i Novi Sad (rečna zona) pri udaljenosti manje od 25 DE i Dubovački rit (plavna zona) na maksimalnih 300 DE. Ostali lokaliteti (prelazne i jezerske zone) ostaju homogeni u zasebnom klasteru, sa više manjih podklastera.



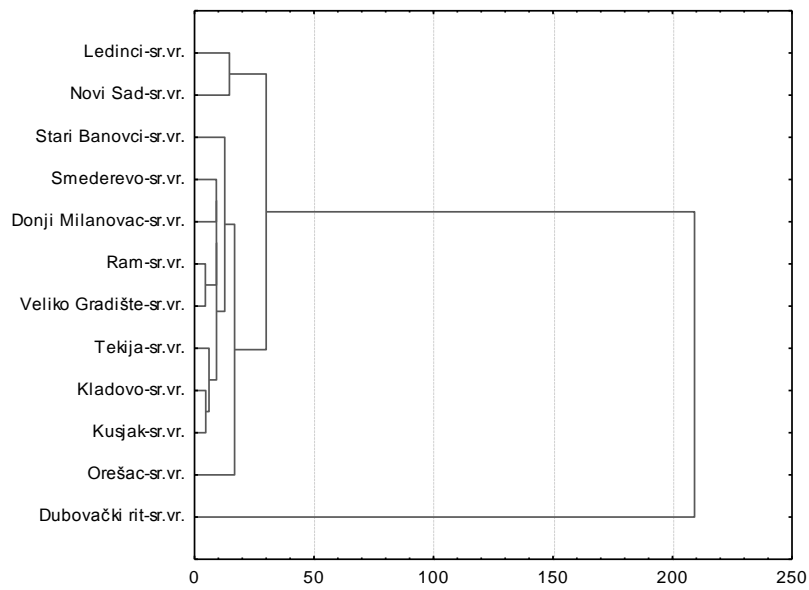
Slika 16a. UPGMA dendrogram homogenosti istraživanih lokaliteta na osnovu Euklidovih distanci prema maksimalnim vrednostima fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode.

Analizom uprosečenih maksimalnih vrednosti po istraživanim zonama reke, takođe dolazi do jasnog odvajanja rečne i plavne zone u zasebne klastere, dok prelazna i jezerska zona pokazuju visoku homogenost i izdvajaju se u zaseban klaster (Slika 16b).

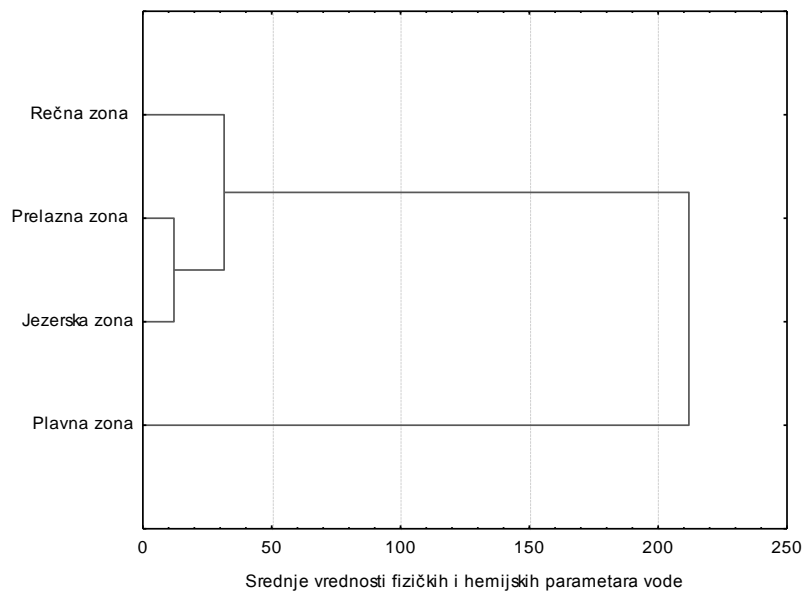


Slika 16b. UPGMA dendrogram homogenosti rečnih zona na osnovu Euklidovih distanci prema maksimalnim vrednostima fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode.

Klaster analiza urađena je i za srednju vrednost zabeleženih fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode po lokalitetima i izvedeni dendrogrami pokazuju sličnu internu homogenost lokaliteta u prelaznoj i jezerskoj zoni, dok je eksterna heterogenost prisutna u odnosu navednih lokaliteta i lokaliteta rečne i plavne zone (Slika 17a i 17b).

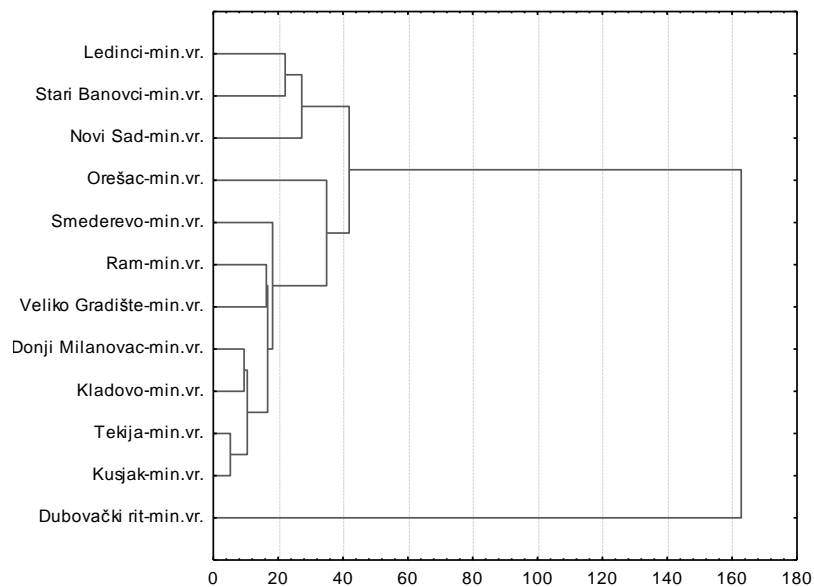


Slika 17a. UPGMA dendrogram homogenosti istraživanih lokaliteta na osnovu Euklidovih distanci prema srednjim vrednostima fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode.



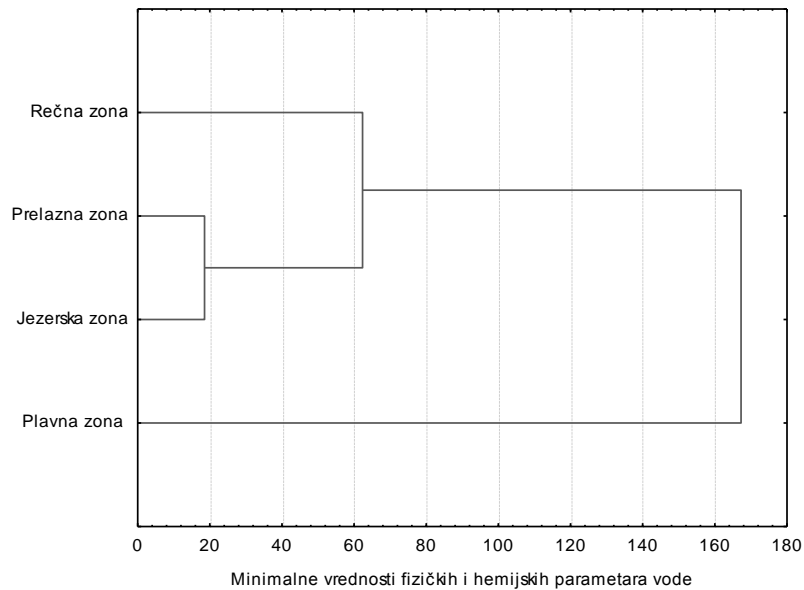
Slika 17b. UPGMA dendrogram homogenosti rečnih zona na osnovu Euklidovih distanci prema srednjim vrednostima fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode.

Klaster analizom minimalnih zabeleženih vrednosti parametara kvaliteta vode na istraživanim lokalitetima na dendrogramu se uočava veći stepen homogenosti između lokaliteta Ledinci, Stari Banovci i Novi Sad koji se izdvajaju od ostalih lokaliteta prelazne zone i jezerske zone (koji ostaju homologni) čineći poseban klaster (Slika 18a). U zaseban klaster sa izraženom eksternom heterogenošću u odnosu na prva dva izdvaja se Dubovački rit pri udaljenosti nešto više od 160 DE.



Slika 18a. UPGMA dendrogram homogenosti istraživanih lokaliteta na osnovu Euklidovih distanci prema minimalnim vrednostima fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode.

Analizom uprosečenih minimalnih vrednosti parametara kvaliteta vode po istraživanim zonama reke, takođe dolazi do jasnog odvajanja rečne i plavne zone u zasebne klastere, dok prelazna i jezerska zona pokazuju visoku homogenost i izdvajaju se zajedno u zaseban klaster (Slika 18b).



Slika 18b. UPGMA dendrogram homogenosti rečnih zona na osnovu Euklidovih distanci prema minimalnim vrednostima fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode.

Prema važećem pravilniku („Službeni glasnik RS“, 74/2011) i Uredbi o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje („Službeni glasnik RS“, 50/12), a na osnovu prikazanih rezultata, lokalitete glavnog toka Dunava možemo svrstati u granicama II klase kvaliteta vode, dok se područje plavne zone nalazi na prelazu III ka IV klasi kvaliteta vode. Postoje povremena odstupanja od navedenih procena kvaliteta vode, koji su posledica povremenih prelazaka MDK (MDK - maksimalna dozvoljena koncentracija) vrednosti za analizirane parametre.

4.3. Analiza teških i toksičnih metala i organskih polutanata u sedimentu istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm)

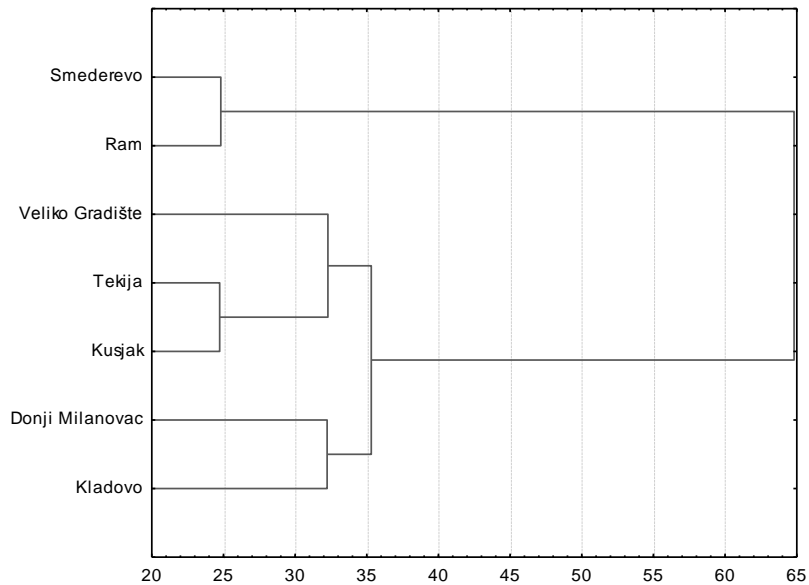
Rezultati analize površinskog sloja sedimenta na istraživanim lokalitetima prikazani su tabelarno u Prilogu 3a, 3b i 3c i izraženi su kao minimalne, maksimalne i srednje zabeležene vrednosti tokom petogodišnjeg ciklusa istraživanja, za dva organska i osam neorganskih mikropolutanata.

Minimalne vrednosti za oba analizirana organska mikropolutanta u sedimentu (ukupni PCB – ukupni polihlorovani bifenili i ukupni PAH – ukupni policiklični aromatični ugljovodonici) bile su ispod praga detekcije za datu metodu. Maksimalna zabeležena vrednost za PCB iznosila je 0,01 mg/kg suve materije, dok je za PAH maksimalna vrednost zabeležena u Smederevu i iznosila je 0,30 mg/kg.

Analizom teških i toksičnih metala u sedimentu na istraživanim lokalitetima vrednosti za Hg kretale su se od minimalne vrednosti koja je bila ispod praga detekcije za datu metodu do 0,12 mg/kg. Minimalna vrednost za Zn zabeležena je u Donjem Milanovcu i iznosila je 170,00 mg/kg, dok su maksimalne vrednosti registrovane u Smederevu, Ramu i Kusjaku prelazile MDK i iznosile su 492,57 mg/kg (Ramu), 509,74 mg/kg (Smederevo) i 431,03 mg/kg (Kusjak). Vrednosti Cu kretale su se od minimalne zabeležene u Ramu od 42,27 mg/kg do maksimalnih 116,49 mg/kg u Tekiji, što prelazi MDK. Minimalna vrednost za Cr zabeležena je u Ramu i iznosila je 66,50 mg/kg, a maksimalna vrednost u Smederevu u koncentraciji od 146,13 mg/kg. Vrednosti Pb kretale su se od minimalne 46,88 mg/kg u Donjem Milanovcu, do maksimalnih 114,48 mg/kg u Kusjaku. Vrednosti Ni variraju od minimalnih 46,58 mg/kg u Kladovu do maksimalnih 108,57 mg/kg u Ramu, sve registrovane koncentracije prelaze MDK. Koncentracije Cd varirale su u opsegu od minimalnih 0,47 mg/kg u Ramu, do maksimalnih 4,79 mg/kg u Kladovu. Vrednosti As varirale su od 7,16 mg/kg u Kladovu do maksimalnih 38,01 mg/kg u Smederevu.

Primenom multivarijantne klaster analize, izračunate su udaljenosti između analiziranih lokaliteta na osnovu Euklidove distance prema maksimalnim vrednostima za dva organska i osam neorganskih mikropolutanata, a dobijeni UPGMA dendrogram prikazan je na slici 19. Na dendrogramu se uočava odvajanje lokaliteta prelazne zone pri udaljenosti od 25 DE od jezerske zone reke na udaljenosti od 35 DE. Prvi klaster čine

lokaliteti Smederevo i Ram, dok drugi klaster formiraju lokaliteti jezerske zone grupisani u dva podklastera, gde jedan čine Veliko Gradište, Tekija i Kusjak, a drugi Donji Milanovac i Kladovo.



Slika 19. UPGMA dendrogram homogenosti istraživanih lokaliteta na osnovu Euklidovih distanci prema maksimalnim vrednostima organskih mikropolutanata i teških i toksičnih metala u površinskom sloju sedimenta na istraživanim lokalitetima Dunava (1112-863,5 rkm).

Prema važećem pravilniku („Službeni glasnik RS“, 74/2011) i Uredbi („Službeni glasnik RS“, 50/12), a na osnovu zabeleženih rezultata analiziranih teških i toksičnih metala i organskih polutanata u sedimentu Dunava, isti možemo svrstati u II, odnosno III klasu kvaliteta voda.

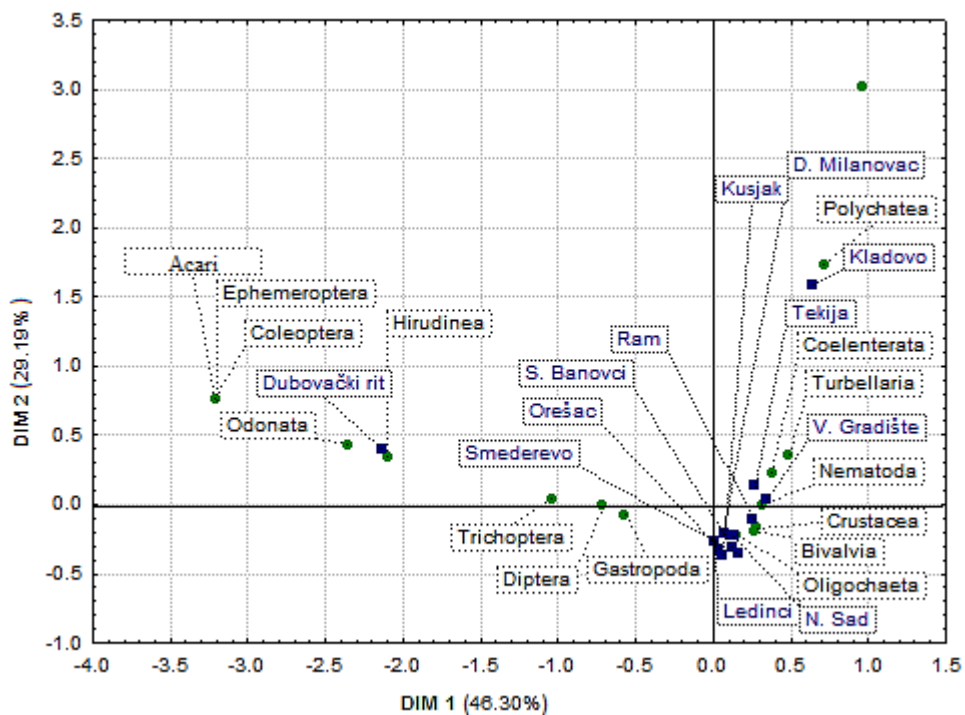
4.4. Analiza faunističkog sastava istraživanih delata Dunava (1260 – 863,5 rkm)

Upotrebom softverskog paketa ASTERICS 3.1.1. (AQEM 2002) izračunate su procentualne zastupljenosti faunističkih grupa na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm) u periodu od 2007 – 2011. godine na osnovu 127 identifikovanih taksona iz 40 familija, 12 klasa i sedam filuma (Prilog 4). Dobijene vrednosti obrađene su korespondentnom analizom (CA) u statističkom softveru "Statistica" verzija 7 (StatSoft, Inc. 2004) i prikazane ordinacijskim dijagramom na slici 20.

CA pokazuje statistički značajno razdvajanje lokaliteta i faunističkih grupa u prostoru prve dve korespondentne ose (DIM 1 46,30%; DIM 2 29,19%), koje zajedno objašnjavaju 75,49 % ukupne varijabilnosti (Tabela 4). U negativno definisanom polju prema DIM 1 uočava se odvajanje lokaliteta Dubovački rit u odnosu na ostale analizirane lokalitete koji su u pozitivno definisanom polju rezultujućeg dijagrama duž DIM 1. Dubovački rit u plavnoj zoni Dunava odlikuje se velikom procentualnom zastupljenošću insekatskih grupa (Diptera 33,54%; Coleoptera sa 15,43%; Ephemeroptera 11,31%; Odonata 0,98% i Trichoptera 0,43%). Zabeleženo je i prisustvo Acari (Hydracarina) sa 3,22% i Araneae 0,48%. Usled karakterističnih hidroloških uslova plavne zone predstavljaju kompleks staništa koji se odlikuje specifičnom faunom makroinvertebrata. Dubovački rit je stanište za veliki broj vrsta slatkovodnih mekušaca. Procentualni udeo mekušaca od 15% čini da je Dubovački rit lokalitet sa najvećom zastupljenošću mekušaca od svih istraživanih lokaliteta. Procentualna zastupljenost pijavica (Hirudinea) na pomenutom lokalitetu je, takođe, bila najveća (1,62%).

Prema DIM 2 u negativno definisanom polju prostora dijagrama grupišu se lokaliteti rečne, prelazne i delom jezerske zone. Ono što je doprinelo prikazanom grupisanju jeste velika procentualna zastupljenost Bivalvia, sa maksimalnih 38,21% u Novom Sadu, zatim veliki procentualni udeo Oligochaeta u zajednici akvatičnih beskičmenjaka sve tri zone glavnog rečnog toka, sa maksimalnih 83,99% u Kusjaku, 63,83% u Orešču i 37,89% u Ledincima. Treća grupa akvatičnih beskičmenjaka koja je dovela do prikazanog grupisanja istraživanih lokaliteta jesu Crustacea, sa procentualnim udelom od 15,82% u Novom Sadu, 31,11% u Ramu i 13,73% u Velikom Gradištu.

U pozitivno definisanom polju prostora dijagrama DIM 2 ose izdvojili su se lokaliteti jezerske zone (Veliko Gradište, Tekija i Kladovo), zbog velikog procentualnog udela pre svega grupe Polychaeta od maksimalnih 53% u Kladovu; 13,43% u Tekiji i 11,36% u Velikom Gradištu. Ono što je dovelo do prikazanog razdvajanja jeste i prisustvo ne tako brojnih Coelenterata sa 0,41%; Turbellaria sa 0,04% i Porifera sa 0,02%.



Slika 20. Prikaz lokaliteta (■) i grupa (●) u prostoru prve dve korespondentne ose (DIM 1 i DIM 2) za analizu procentualnog udela faunističkih grupa na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

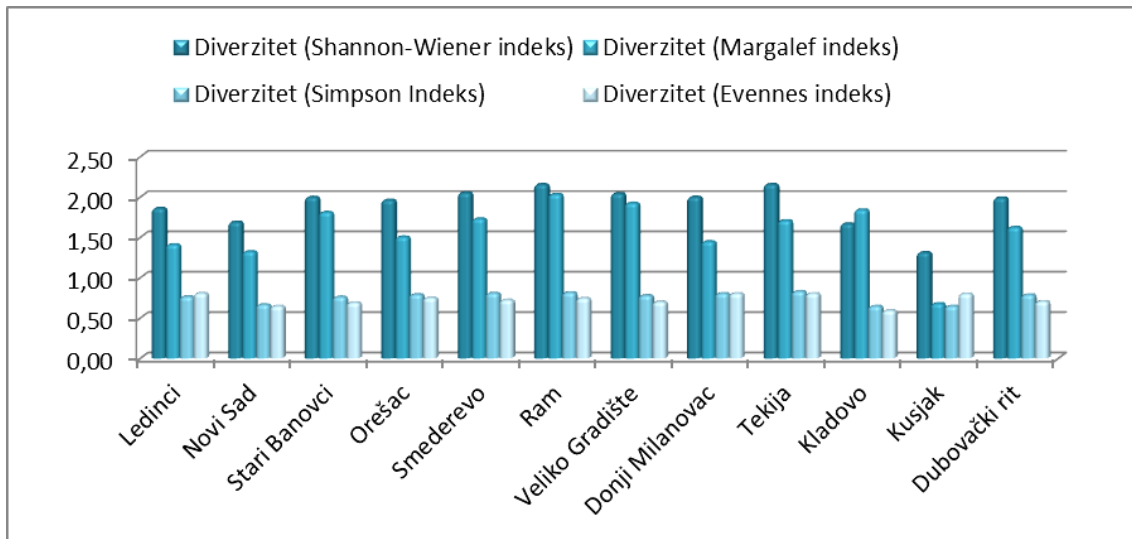
Tabela 4. Tabela prikaz svojstvenih vrednosti i varijabilnosti koju ose opisuju za CA procentualnog udela faunističkih grupa istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm). Ukupna varijabilnost =,95450; $\chi^2=1145,4$; $df=187$; $p=0,0000$.

Svojstvena vrednost	Pojedinačna vrednost	% varijabilnosti	% varijabilnosti, kumulativno
0,441938	0,664784	46,30033	46,3003
0,278661	0,527883	29,19437	75,4947
0,154866	0,393531	16,22484	91,7195
0,049693	0,222920	5,20620	96,9257
0,015241	0,123453	1,59671	98,5224
0,005936	0,077048	0,62193	99,1444
0,005149	0,071760	0,53950	99,6839
0,002471	0,049709	0,25888	99,9427
0,000434	0,020834	0,04548	99,9882
0,000072	0,008476	0,00753	99,9957
0,000041	0,006371	0,00425	100,0000

4.4.1. Analiza bioloških parametara za ocenu ekološkog statusa vode istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm)

U cilju procene diverziteta i kvaliteta vode istraživanog područja Dunava, urađen je niz analiza na zajednici akvatičnih beskičmenjaka upotrebom različitih indeksa (Shannon-Wiener indeks; Margalef indeks; Simpson indeks i Evenness indeks; odnosno Zelinka and Marvan za saprobiološku analizu vode).

Rezultati analize indeksa diverziteta beleže minimalne vrednosti na većini lokaliteta u rečnoj zoni, a maksimalne na većini lokaliteta u prelaznoj zoni (Slika 21). Za Shannon-Wiener-ov indeks vrednosti su varirale u opsegu od 1,78 do 2,05; Margalef-ov indeks od 1,37 do 1,77; Simpson-ov indeks od 0,72 do 0,80; dok su vrednosti za Evenness indeks ujednačenosti vrsta varirale su od 0,65 u Novom Sadu do 0,81 na tri lokaliteta (Ledinci, Donji Milanovac i Tekija).

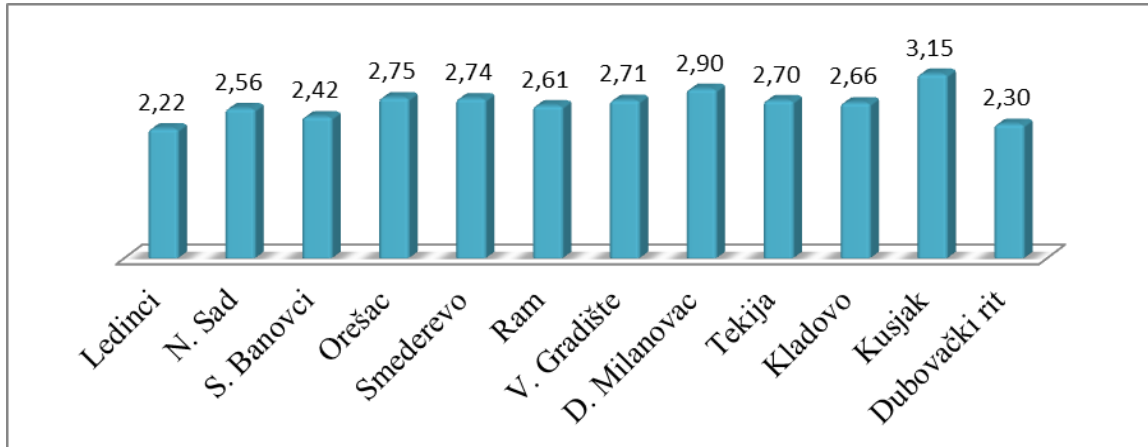


Slika 21. Prikaz vrednosti indeksa diverziteta zajednice makroinvertebrata na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Rezultati vrednosti saprobiološke analize prema Zelinka and Marvan (1961), zasnovane na zajednici svih grupa makroinvertebrata zabeleženih na istraživanim lokalitetima Dunava, varirali su od 2,22 u Ledincima do 3,15 u Kusjaku (Slika 22).

Na osnovu rezultata dobijenih analizom bioloških parametara za celu zajednicu makroinvertebrata izvršena je ocena ekološkog statusa vode na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm) u periodu 2007 – 2011. godine, prema važećem Pravilniku („Službeni glasnik RS“, 74/2011) i Uredbi („Službeni glasnik RS“, 50/12).

Na osnovu zabeleženih vrednosti Shannon-Wiener indeksa diverziteta kvalitet vode na istraživanim lokalitetima Dunava možemo svrstati u granicama II klase ekološkog statusa, dok saprobiološkom analizom zaključujemo da je kvalitet vode na istraživanim lokalitetima Dunava varirao u opsegu od II do IV klase ekološkog statusa za analizirani tip vodotoka.



Slika 22. Prikaz vrednosti saprobiološke analize zajednice makroinvertebrata prema Zelinka and Marvan (1961) na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

4.4.2. Analiza sastava i distribucije malakofaune na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm)

Tokom petogodišnjeg perioda istraživanja malakofaune Dunava (1260 – 863,5 rkm) zabeleženo je ukupno 32 taksona iz 28 rodova i 13 familija u okviru dve klase Mollusca - Bivalvia i Gastropoda.

Phyllum: Mollusca

Classis: Bivalvia

Subclassis: Heterodonta

Ordo: Veneroidea

Subordo: Sphaeriacea

Superfamilia: Corbiculoidea

Familia: Corbiculidae

Genus: *Corbicula*

Corbicula fluminea (Müller, 1774)

Familia: Sphaeriidae

Genus: *Pisidium*

Pisidium sp.

Genus: *Sphaerium*

Sphaerium sp.

Sphaerium corneum (L., 1758)

Sphaerium solidum (Normand, 1844)

Superfamilia: Dreissenoida

Familia: Dreissenidae

Genus: *Dreissena*

Dreissena polymorpha (Pallas, 1771)

Dreissena r. bugensis Andrusov, 1897

Subclassis: Palaeoheterodonta

Ordo: Unionoidea

Superfam: Unionoidea

Familia: Unionidae

Genus: *Unio*

<u><i>Unio tumidus</i> Retzius, 1788</u>	Superfamilia: Valvatoidea
<u><i>Unio pictorum</i> L., 1758</u>	Familia: Valvatidae
<u><i>Unio crassus</i> Philippon, 1788</u>	Genus: <i>Valvata</i>
Genus: <i>Pseudanodonta</i>	<u><i>Valvata piscinalis</i> (Müller, 1774)</u>
<u><i>Pseudanodonta complanata</i> (R., 1835)</u>	Genus: <i>Borysthenia</i>
Genus: <i>Sinanodonta</i>	<u><i>Borysthenia naticina</i> (Menke, 1845)</u>
<u><i>Sinanodonta woodiana</i> (Lea, 1834)</u>	Subclassis: Pulmonata
Classis: Gastropoda	Ordo: Basommathophora
Subclassis: Prosobranchia	Superfamilia: Acroloxoidea
Ordo: Neritopsina	Familia: Acroloxidae
Superfamilia: Neritoidea	Genus: <i>Acroloxus</i>
Familia: Neritidae	<u><i>Acroloxus lacustris</i> (L., 1758)</u>
Tribus: Theodoxini	Superfamilia: Lymnaeoidea
Genus: <i>Theodoxus</i>	Familia: Lymnaeidae
<u><i>Theodoxus fluviatilis</i> (L., 1758)</u>	Subfamilia: Lymnaeinae
<u><i>Theodoxus danubialis</i> (Pfeiffer, 1828)</u>	Genus: <i>Lymnaea</i>
Ordo: Neotaenioglossa	<u><i>Lymnaea stagnalis</i> (L., 1758)</u>
Superfamilia: Rissoidea	Genus: <i>Stagnicola</i>
Familia: Bithyniidae	<u><i>Stagnicola palustris</i> (Müller, 1774)</u>
Genus: <i>Bithynia</i>	Subfamilia: Amphipepleinae
<u><i>Bithynia tentaculata</i> (L., 1758)</u>	Genus: <i>Radix</i>
Familia: Hydrobiidae / Lithoglyphidae	<u><i>Radix labiata</i> (Rossmässler, 1835)</u>
Genus: <i>Lithoglyphus</i>	Superfamilia: Planorboidea
<u><i>Lithoglyphus naticoides</i> (Pfeiffer, 1828)</u>	Familia: Planorbidae
Ordo: Architaenioglossa	Subfamilia: Planorbinae
Superfamilia: Ampullarioidea	Tribus: Planorbini
Familia: Viviparidae	Genus: <i>Planorbis</i>
Genus: <i>Viviparus</i>	<u><i>Planorbis planorbis</i> (L., 1758)</u>
<u><i>Viviparus viviparus</i> (L., 1758)</u>	Genus: <i>Planorbarius</i>
<u><i>Viviparus acerosus</i> (Bourguignat, 1862)</u>	<u><i>Planorbarius corneus</i> (L., 1758)</u>
Superordo: Heterobranchia	Genus: <i>Anisus</i>
Ordo: Ectobranchia	<u><i>Anisus vortex</i> (L., 1758)</u>

Genus: *Gyraulus*

Gyraulus crista (L., 1758)

Gyraulus sp.

Tribus: Segmentinini

Genus: *Segmentina*

Segmentina nitida (Müller, 1774)

Genus: *Hippeutis*

Hippeutis complanatus (L., 1758)

Subfamilia: Bulininae

Tribus: Miratestini

Genus: *Ferrissia*

Ferrissia sp.

Genus: *Bathyomphalus*

Bathyomphalus contortus L., 1758

Familia: Physidae

Subfamilia: Physinae

Tribus: Physellini

Genus: *Physella*

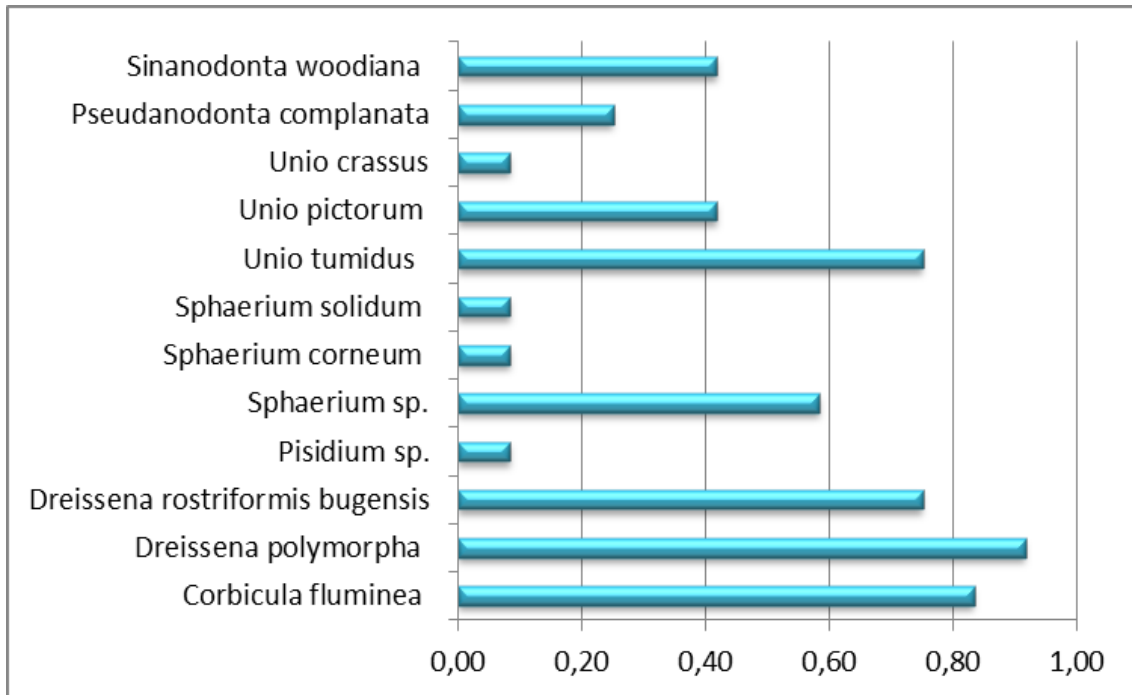
Physella acuta (Draparnaud, 1805)

4.4.2.1. Kvalitativni sastav i distribucija malakofaune istraživanog područja Dunava (1260 – 863,5 rkm)

Kvalitativni sastav taksona iz klasa Gastropoda i Bivalvia sa učestalošću njihovog javljanja ($F = 0-1$) na istraživanim lokalitetima Dunava u petogodišnjem periodu istraživanja predstavljen je na grafikonima (Slika 23 i 24).

Klasa Bivalvia zastupljena je sa 12 taksona iz četiri familije u okviru redova Veneroida i Unionida, ali je njihova distribucija i frekventnost različita. Iz familije Unionidae zabeleženo je pet taksona i tri roda, iz familije Sphaeridae zabeleženo je prisustvo dva roda sa četiri taksona, iz familije Dreissenidae dva taksona iz jednog roda i iz familije Corbiculidae jedan takson.

Najveću frekvencu pojavljivanja na istraživanim lokalitetima zauzima vrsta *Dreissena polymorpha* ($F=0,92$), zatim taksoni *Corbicula fluminea* ($F=0,83$); *Unio tumidus* ($F=0,75$); *Dreissena rostriformis bugensis* ($F=0,75$); *Unio pictorum* ($F=0,42$); *Sphaerium* sp. ($F=0,58$) i *Sinanodonta woodiana* ($F=0,42$). Vrste sa najmanjom frekvencom pojavljivanja su: *Pseudanodonta complanata* ($F=0,25$); *Unio crassus* ($F=0,08$); *Sphaerium corneum*, *Sphaerium solidum* ($F=0,08$) i *Pisidium* sp. ($F=0,08$).



Slika 23. Učestalost pojavljivanja (F=0-1) identifikovanih vrsta Bivalvia na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

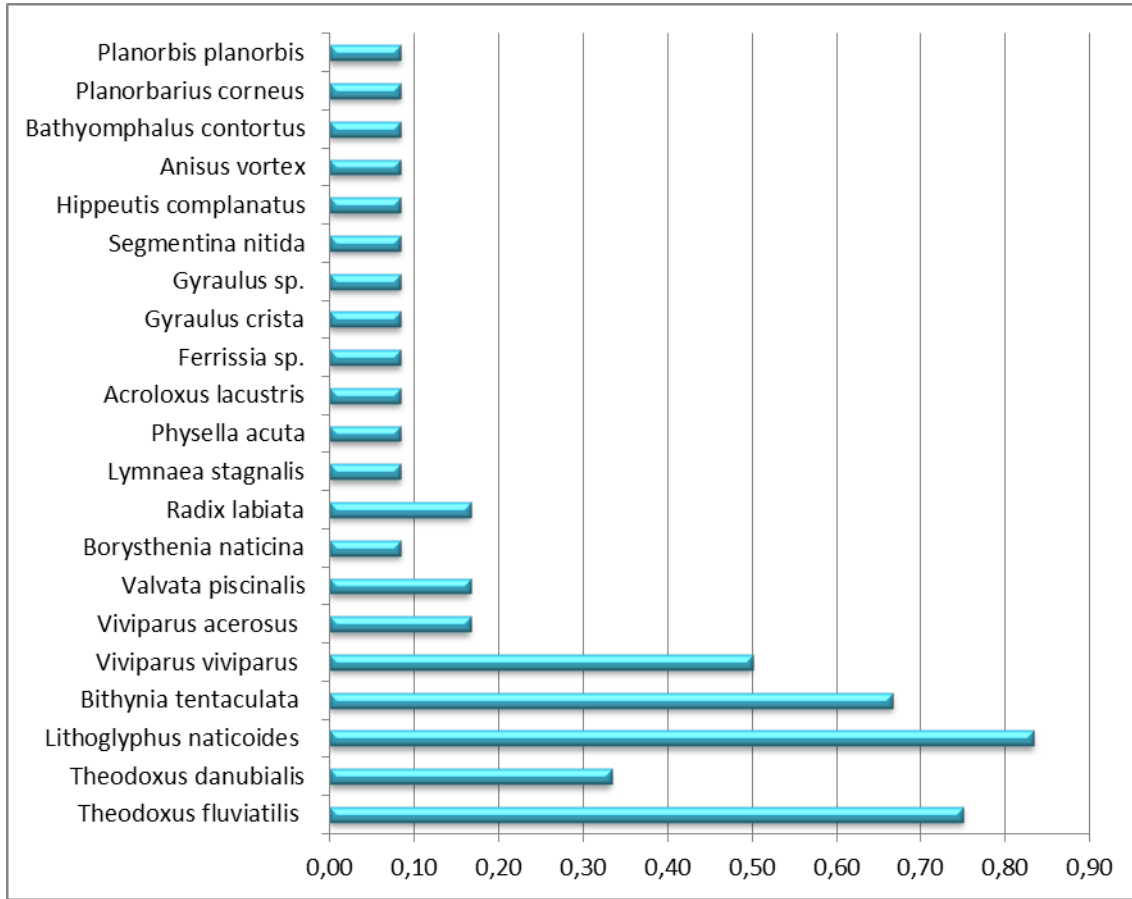
U gornjem delu toka Dunava, u predelu rečne zone, javlja se najmanja zastupljenost taksona iz klase Bivalvia, sa ukupno pet vrsta na lokalitetu Ledinci i na lokalitetu Novi Sad četiri taksona. Umerena do velika zastupljenost taksona iz Bivalvia (11 taksona) uočava se na lokalitetima srednjeg toka Dunava u sklopu prelazne zone, gde je maksimalan broj taksona nađen na lokalitetima Smederevo i Ram sa po osam taksona.

U donjem delu toka Dunava, jezerskoj zoni, uočena je umerena zastupljenost taksona klase Bivalvia (devet taksona). U ovoj zoni se izdvaja lokalitet Kusjak, gde je zabeležen samo jedan takson, *Dreissena polymorpha*, dok je na ostalim lokalitetima veća zastupljenost taksona. U plavnoj zoni Dunava predstavnici klase Bivalvia nisu pronađeni.

Klasa Gastropoda zastupljena je sa 20 taksona, iz dve potklase. U okviru potklase Prosobranchia (Orthogastropoda) zabeleženo je prisustvo četiri reda sa pet familija, a u okviru potklase Pulmonata zabeleženo je prisustvo jednog reda sa četiri familije.

Najraznovrsniji red je Basommatophora iz potklase Pulmonata, sa 12 taksona, koji su uglavnom zabeleženi na lokalitetu Dubovački rit u plavnoj zoni Dunava, gde je njihova frekventnost veoma mala ($F=0,08$), osim *Radix labiata* ($F=0,17$) koja je zabeležena i na dva lokaliteta (Orešac i Kladovo) u glavnom toku Dunava. U okviru potklase Prosobranchia, iz reda Neotaenioglossa, zabeleženo je prisustvo dva taksona sa velikom frekvencom pojavljivanja na istraživanim lokalitetima, iz familije Bithynidae – *Bithynia tentaculata* ($F=0,67$) i *Lithoglyphus naticoides* ($F=0,83$) iz familije Hydrobidae sa maksimalnom frekvencom pojavljivanja. Red Neritopsina zastupljen je sa dva taksona, *Theodoxus fluviatilis* koji beleži takođe veliku frekventnost na istraživanom području Dunava ($F=0,75$) i *Th. danubialis* ($F=0,33$) iz familije Neritidae. Red Architaenioglossa predstavljen je sa dva taksona: *Viviparus viviparus* ($F=0,50$) i *V. acerosus* ($F=0,17$) iz familije Viviparidae. U okviru superreda Heterobranchia, reda Ectobranchia zabeleženo je prisustvo dva taksona iz familije Valvatidae – *Valvata piscinalis* ($F=0,17$) i *Borystenia naticina* ($F=0,08$).

Posmatrajući raznovrsnost taksona celokupne grupe Gastropoda na istraživanim lokalitetima, najmanji broj taksona uočen je u gornjem delu toka Dunava, rečnoj zoni, gde su na lokalitetu Novi Sad nađena samo dva taksona, a na lokalitetu Ledinci četiri taksona. Najveća raznovrsnost Gastropoda zabeležena je u plavnoj zoni Dunava, gde je u Dubovačkom ritu nađeno 11 taksona. U srednjem delu toka Dunava, prelaznoj zoni nađeno je osam taksona, dok je u jezerskoj zoni zabeleženo prisustvo devet taksona.



Slika 24. Učestalost pojavljivanja (F=0-1) identifikovanih vrsta Gastropoda na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

4.4.2.2. Alohtone vrste akvatičnih mekušaca Srbije

U toku petogodišnjih istraživanja Dunava (1260 – 863,5 rkm) utvrđeno je prisustvo šest alohtonih vrsta akvatičnih mekušaca. Nativno područje alohtonih vrsta, invazivne i nove vrste u malakofauni istraživanog dela toka Dunava, sa frekvencom pojavljivanja i spiskom lokaliteta na kojima su nađene dati su u tabeli 5. Ponto-kaspijski relikti su *Dreissena polymorpha* i *Dreissena rostriformis bugensis*. Invazivna vrsta u limnofauni istraživanog dela Dunava je *Dreissena polymorpha*, prema Tittizer, 1997; Russev i sar., 1998 i Ojaveer i sar., 2002. Vrste sa istočno azijskog nativnog područja su *Corbicula fluminea* i *Sinanodonta woodiana*, dok se nativnim područjem za *Ferrissia* sp. i *Physella acuta* smatra Severna Amerika. Novi nalazi za malakofaunu Srbije su: *Dreissena rostriformis bugensis* i *Ferrissia* sp.

Tabela 5. Nativno područje za alohtone vrste, invazivne i nove vrste zabeležne u malakofauni Dunava sa frekvencom pojavljivanja na istraživanim lokalitetima (F=0-1) - Ponto-kaspijske (▲), istočno azijske (▼), Severno Američke (●), invazivne (◆) i nove vrste - Neozoa (■).

Vrsta	Lokalitet / Frekvenca
●, ■ <i>Ferrissia</i> sp.	6 / (F=0,08)
● <i>Physella acuta</i>	6 / (F=0,08)
▲, ◆ <i>Dreissena polymorpha</i>	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 i 12 / (F=0,92)
▲, ■ <i>Dreissena rostriformis bugensis</i>	1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 i 11 / (F=0,75)
▼ <i>Corbicula fluminea</i>	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 i 11 / (F=0,83)
▼ <i>Sinanodonta woodiana</i>	4, 5, 8, 9 i 10 / (F=0,42)

Najveće frekvence pojavljivanja zabeležile su vrste *Dreissena polymorpha* (F=0,92), *Corbicula fluminea* (F=0,83) i *Dreissena rostriformis bugensis* (F=0,75).

Od vrsta sa umerenom zastupljenošću ($F= 0,30 - 0,60$) zabeležena je *Sinanodonta woodiana* ($F=0,42$), dok su ostale zabeležene vrste imale veoma malu frekvencu pojavljivanja ($F<0,1$): *Ferrissia* sp. i *Physella acuta* ($F=0,08$).

Slatkovodni prilepak – *Ferrissia* sp. predstavlja nov nalaz za gastropodnu faunu Srbije. Navedena, severno-američka vrsta, nađena je prvi put u junu 2010. godine, na lokalitetu Dubovački rit u plavnoj zoni Dunava. Preferira vodene ekosisteme u kojima je tok vode delimično ili u potpunosti usporen (bare, močvare i sl.).

Physella acuta je takođe alohtona vrsta, poreklom iz Severne Amerike (Taylor, 2003). Vrsta se proširila na velikom prostoru van nativnog područja. Tokom naših istraživanja zabeležena je u plavnoj zoni Dunava, na lokalitetu Dubovački rit. Status ugroženosti vrste okarakterisan je kao LC „Least Concern“ prema IUCN klasifikaciji, dok je populacioni trend ocenjen kao rastući (Van Damme i sar., 2013).

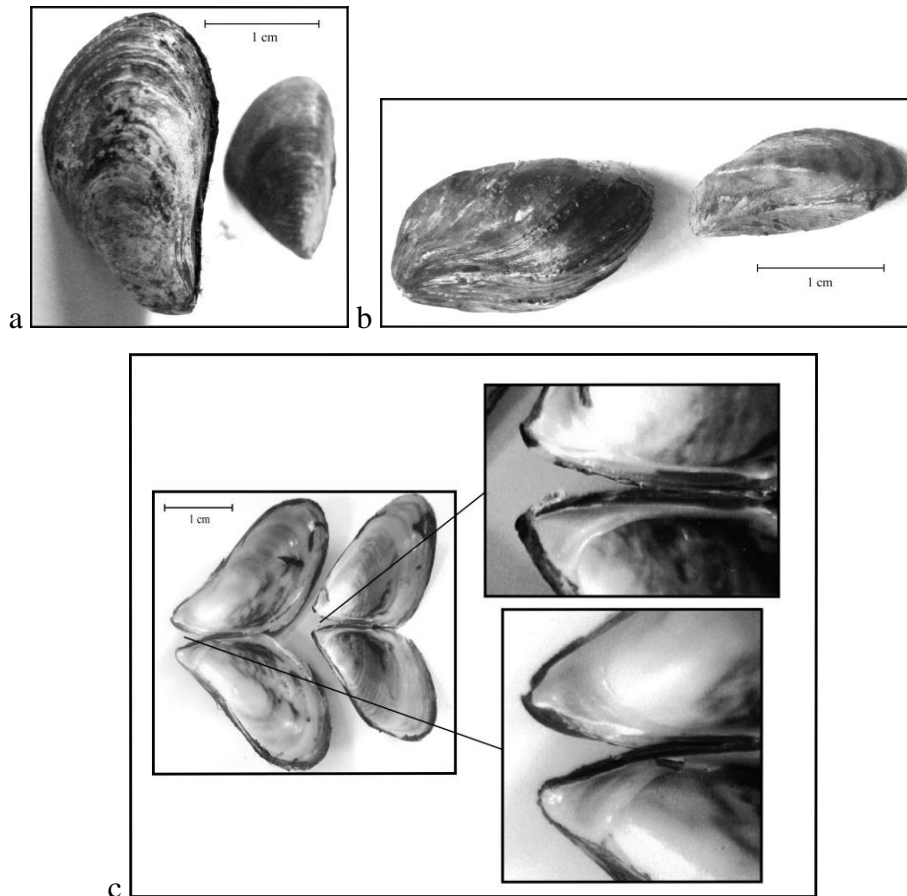
Dreissena rostriformis bugensis, predstavlja nov nalaz za faunu školjki Srbije (Raković i sar., 2013). Navedena vrsta prvi put je zabeležena u aprilu 2010. godine, na lokalitetu Veliko Gradište (1059 rkm).

Opis vrste: *Dreissena rostriformis bugensis*

Identifikacija vrste *D. r. bugensis* urađena je na osnovu morfologije i tradicionalne morfometrije. Morfološki karakteri ljuštore koji se izdvajaju u odnosu na vrstu *D. polymorpha* sa kojom deli stanište (Pathy and Mackie, 1993; Grigorovich i sar., 2008) su: oblik i veličina ljuštore (Slika 25a); ventralni izgled ljuštore (Slika 25b) i razlike otiska na miofornoj ploči za koju se vezuju prednji mišići aduktora i retraktora (Slika 25c).

Na osnovu analiziranih karaktera, utvrđeno je da se ljuštore *D. r. bugensis* od ljuštore vrste *D. polymorpha* razlikuju, osim po veličini, obliku i boji (*D. r. bugensis* su veće, asimetričnih kapaka i uglavnom tamnije boje) i na osnovu prisustva izražajnih naraštajnih zona na površini ljuštore, kao i karakterističnom zakrivljenju medijalne linije na ventralnoj strani ljuštore. Ožiljak prednjih mišića na miofornoj ploči kod *D. r. bugensis* je izduženiji u odnosu na isti kod vrste *D. polymorpha* (Raković i sar., 2013). Tokom ovih istraživanja najuzvodniji nalaz bio je na lokalitetu Ledinci (1260 rkm), a

najnižvodniji na lokalitetu Kladovo (934 rkm). Nalaz ove ponto-kaspijske vrste u srpskom delu toka Dunava, potvrda je za širenje njenog areala uzvodno Dunavom koji se smatra jednim od glavnih koridora za njeno širenje od Istočne (Rumunija, Bugarska) ka Zapadnoj Evropi.



Slika 25. *Dreissena rostriformis bugensis* i *Dreissena polymorpha* morfologija ljuštore: (a) oblik i veličina ljuštore (levo *D. r. b.*, desno *D. p.*); (b) ventralna strana ljuštore (levo *D. r. b.*, desno *D. p.*); (c) mioforna ploča – otisak prednjih mišića (levo/gore *D. r. b.*, desno/dole *D. p.*) (Fotografija M. Raković).

Corbicula fluminea je alohtona vrsta, poreklom iz Istočne Azije (Vidal i sar., 2002). Tokom naših istraživanja najuzvodnije je nađena na lokalitetu Ledinci (1260 rkm), a najnižvodnije na lokalitetu Kladovo (934 rkm).

Sinanodonta woodiana, takođe istočno azijska vrsta, introdukovana je u vode Dunava (Paunović i sar., 2006). Tokom naših istraživanja najuzvodniji nalaz zabeležen je na lokalitetu Orešac (1124 rkm), a najnižvodnije na lokalitetu Tekija (956 rkm).

4.5. Razmatranje tipologije velikih reka na osnovu ekoloških parametara zabeležene malakofaune

Promene u zajednicama mekušaca duž dela toka Dunava kroz Srbiju su očigledne i izazvane su promenama u opštim karakteristikama reke, tako da se mogu koristiti kao tipološki indikatori velikih reka.

Upotrebom softverskog paketa ASTERICS 3.1.1. (AQEM 2002) dobijene su vrednosti procentualnog udela zabeležene malakofaune u odnosu na zonu rečnog toka koju preferiraju. Dobijeni rezultati odgovaraju našoj podeli istraživanog područja na četiri rečne zone. Procentualni udeo vrsta malakofaune koje preferiraju zonu ritrala postepeno opada duž istraživanih lokaliteta, od rečne ka plavnoj zoni. Tako je njihov najveći procentualni udeo zabeležen na lokalitetima rečne zone (2%), zatim 1,77% na lokalitetima prelazne zone, 1,58% na lokalitetima jezerske zone, dok u plavnoj zoni nisu zabeležene. Procentualni udeo vrsta koje preferiraju zonu potamala beleži maksimum od 75,40% na lokalitetima prelazne zone reke, zatim 73,50% u jezerskoj zoni, 55,60% na lokalitetima rečne zone, dok je u plavnoj zoni zabeleženo svega 21,71%.

Najveći procentualni udeo vrsta koje preferiraju priobalnu zonu reke (zonu litorala) zabeležen je na lokalitetu plavne zone sa 60,74%, zatim 29,48% na lokalitetima rečne zone, 17,73% na lokalitetima prelazne zone i 17,18% na lokalitetima jezerske zone. Prema indikatorskoj listi koju je sačinio Moog (2002) u rečnoj zoni za 12,92%, u prelaznoj zoni za 5,09%, u jezerskoj zoni za 7,64% i u plavnoj zoni za 17,55% vrsta nije bilo podataka o delu rečnog toka koje preferiraju.

Analizom preferencije vrsta zabeležene malakofaune Dunava u odnosu na brzinu rečnog toka dobijeni su sledeći rezultati: u rečnoj zoni, među vrstama za koje su postojali autekološki podaci o preferenciji brzine rečnog toka, dominiraju reofili sa 8,29% i reolimnofili sa 1,90%, dok je 48,07% vrsta indiferentno na brzinu rečnog toka, a 41,74% vrsta nisu klasifikovane u odnosu na brzinu. U prelaznoj zoni dominantne su bile reolimnofilne vrste sa 34,46%, sa 7,51% bili su zastupljeni reofili, sa 0,33%

zastupljeni su bili limnoreofili; na 25,39% vrsta brzina toka nije uticala, dok 32,32% vrsta nisu klasifikovane u odnosu na brzinu. U jezerskoj zoni dominantne su takođe bile reolimnofilne vrste sa 33,00%; sa 4,82% bile su zastupljene reofilne vrste; 0,12% činile su limonreofilne vrste; 0,10% vrsta u zajednici mekušaca zauzimale su limnofilne vrste, na 24,72% brzina toka nije uticala, dok 37,23% vrsta nisu klasifikovane u odnosu na brzinu. Plavnu zonu karakterišu vrste koje vole sporije delove rečnog toka, tako malakofaunu plavne zone čini pre svega 57,12% limnoreofila i 28,00% limnofila, na 9,97% vrsta brzina toka nije imala uticaja, dok za 4,92% vrsta nisu postojali autekološki podaci o preferenciji brzine rečnog toka.

Prema određenim tipovima podloge na lokalitetima rečne zone zabeleženo je prisustvo 40,38% litofilnih vrsta mekušaca, dok se njihov procentualni udeo smanjivao duž toka, pa su sa 18,47% učestvovali u zajednici mekušaca prelazne zone; zatim sa 15,72% u zajednici mekušaca jezerske zone i sa 2,99% u zajednici mekušaca plavne zone. Vrste koje preferiraju mešoviti tip supstrata, sačinjen od peska, mulja i gline, najzastupljenije su na lokalitetima prelazne i jezerske zone sa 36,56% odnosno 38,07%, zatim sa 2,62% u malakofauni rečne zone i sa 1,40% u plavnoj zoni Dunava. Fitofilne vrste sa najvećom procentualnom zastupljenošću zabeležene su u plavnoj zoni sa 68,08%, dok je njihov procentualni udeo u ostalim rečnim zonama manji od 6% (rečna zona 5,82%, prelazna zona 3,29 i jezerska zona 3,62%). Vrste koje preferiraju posebna mikrostaništa beleže sledeću procentualnu zastupljenost: u rečnoj zoni 10,29%, prelaznoj zoni 6,14%, jezerskoj zoni 5,60% i u plavnoj zoni 18,28%. Manje od 3% zabeležene zajednice mekušaca čine alkalne vrste (u rečnoj zoni 0,04%, prelaznoj zoni 0,44%, jezerskoj zoni 0,64% i u plavnoj zoni 1,40%). U rečnoj zoni 40,85% vrsta preferiraju neko drugo stanište ili nema podataka o preferenciji staništa prema Moog-ovoj (2002) indikatorskoj listi. U prelaznoj zoni taj broj pomenutih vrsta iznosio je 35,11%, u jezerskoj zoni 36,35%, dok je u plavnoj zoni iznosio svega 6,26%.

Na lokalitetima u glavnom delu toka Dunava, u sastavu malakofaune, dominiraju vrste koje su po tipu ishrane aktivni filtratori (Active filter feeders) sa 50,10% u rečnoj zoni; 31,51% u prelaznoj zoni i 31,93% u jezerskoj zoni. U plavnoj zoni aktivni filtratori nisu zabeleženi, već su sa 67,35% dominirale vrste koje su po tipu ishrane – strugači (Grazers/Scapers). U glavnom delu toka strugači su bili zastupljeni sa procentualnim udelom manjim od 15%, u rečnoj zoni sa 9,91%, u prelaznoj sa 14,99% i

u jezerskoj zoni sa 12,90%. Na lokalitetima u prelaznoj i jezerskoj zoni subdominantne vrste po tipu ishrane bili su sakupljači/žeteoci (Collectors/Gatherers) sa 25,79% u prelaznoj zoni i 25,16% u jezerskoj zoni. Procentualni udeo pomenutih vrsta u malakofauni rečne zone iznosio je 1,63%, dok je u plavnoj zoni iznosio 2,70% vrsta. U plavnoj zoni subdominantne vrste po tipu ishrane bili su sekači (Shredders) sa 16%, a njihov procentualni udeo u prelaznoj i jezerskoj zoni iznosio je svega 0,03%, dok u rečnoj zoni nisu ni zabeleženi. U prelaznoj zoni 13,95% vrsta preferiraju neki drugi tip ishrane o kome nema podataka u Moog-ovoj (2002) indikatorskoj listi. U rečnoj zoni broj vrsta o kojima ne postoje podaci o preferenciji tipa ishrane iznosio je 38,35%, u prelaznoj zoni 27,68%, dok je u jezerskoj zoni taj broj vrsta iznosio 29,97%.

Rezultati analize zajednica mekušaca prema načinu kretanja pokazuju da je u rečnoj zoni dominantno prisustvo polu-sesilnih vrsta (Semi-sessil) sa 38,93%, 12,76% čine vrste koje se kreću grčenjem tela („puzanjem“) (Sprawling); 4,33% vrsta su plivači (Swimming); 2,24% vrsta kreće se ukopavanjem (Burrowing), dok za 41,74% vrsta ne postoje podaci o načinu kretanja. U prelaznoj zoni 41,61% vrsta kreće se gibanjem, 22,72% čine sesilne vrste, 2,63% su plivači, 1,60% vrsta kreće se ukopavanjem, dok za 31,45% nema podataka o načinu kretanja. U jezerskoj zoni 39,57% vrsta kreće se gibanjem, 20,66% čine sesilne vrste, 2,68% vrsta kreće se ukopavanjem, 2,44% su plivači, dok za 34,66% vrsta ne postoje podaci o načinu kretanja. Najveći broj vrsta u plavnoj zoni kreće se gibanjem (94,86%); 0,23% su plivači, dok za 4,92% vrsta ne postoje autekološki podaci o načinu kretanja.

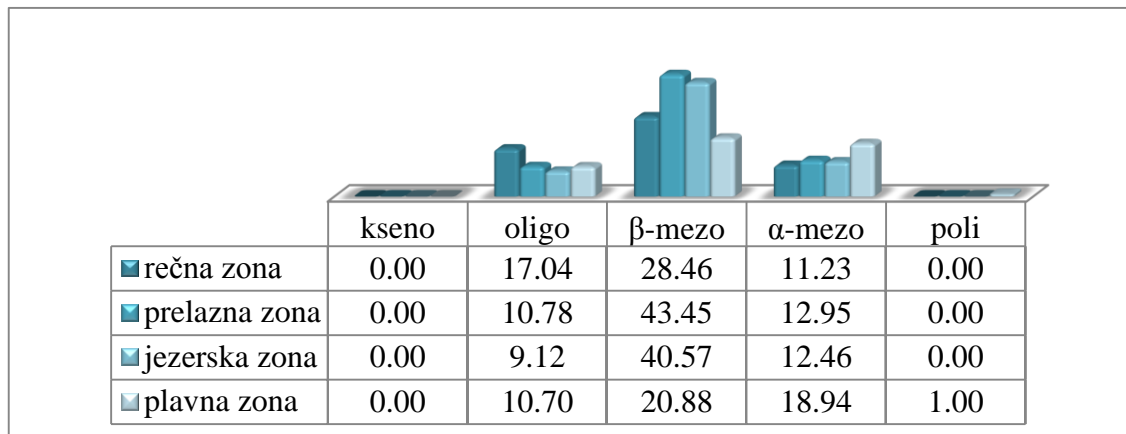
4.6. Bioindikatorska uloga malakofaune u velikoj ravničarskoj reci

Mekušci su važna grupa u okviru istraživanih delova rečnog toka, velikih ravničarskih reka i vezanih ekosistema (plavne zone, barsko močvarna staništa uz reke, itd.), ako posmatramo njihovu zastupljenost u poređenju sa drugim grupama. U rekama potamon tipa, kao što je Dunav, grupe Mollusca, Oligochaeta (Annelidae) i Diptera (Insecta) su uglavnom najraznovrsnije i najbrojnije. Procena ekološkog statusa vodnog tela ne bi bila pouzdana bez analize mekušaca u zajednici makrozoobentosa.

Procentualni udeo bioindikatorskih vrsta malakofaune na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm) u periodu od 2007 – 2011. godine prikazan je

na slici 26. Na lokalitetima u rečnoj zoni najzastupljenije su bile β -mezosaprobne vrste sa 28,46%, zatim oligosaprobne vrste sa 17,04% i α -mezosaprobne vrste sa 11,23%.

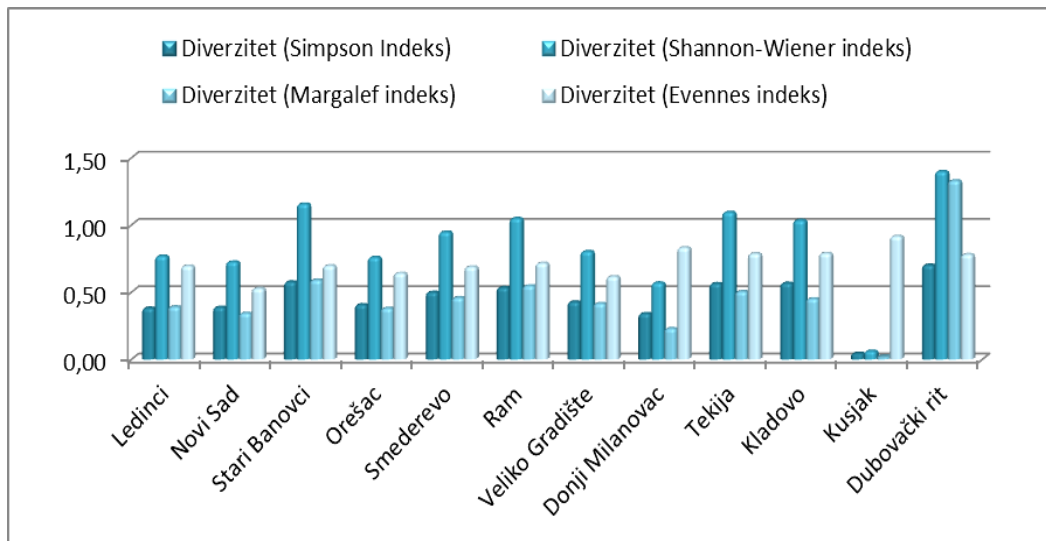
U prelaznoj zoni sa 43,45% bile su zastupljene β -mezosaprobne vrste, zatim sa 12,95% α -mezosaprobne i sa 10,78% bile su zastupljene oligosaprobne vrste. Na lokalitetima jezerske zone najzastupljenije su bile takođe β -mezosaprobne vrste, subdominantne bile su α -mezosaprobne vrste sa 12,46%, dok su 9,12% vrsta bile oligosaprobne. U plavnoj zoni zastupljene su bile vrste visoko tolerantne na povećano zagađenje, tako su najbrojnije bile β -mezosaprobne vrste, zatim sa 18,94% bile su zastupljene α -mezosaprobne vrste, sa 10,70% oligosaprobne vrste i sa 1% vrsta u zabeleženoj malakofauni činile su polisaprobne vrste.



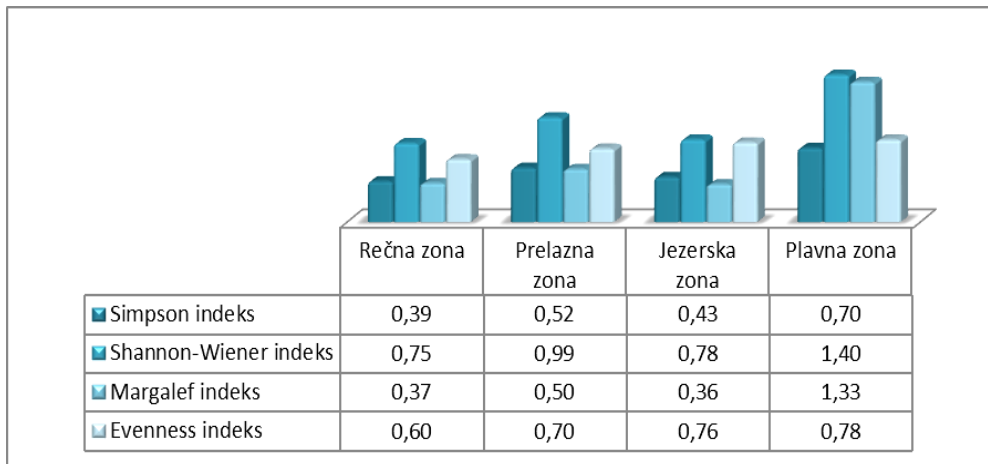
Slika 26. Procentualni udeo bioindikatorskih vrsta malakofaune na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

U cilju procene diverziteta i kvaliteta vode istraživanog područja Dunava, urađen je niz analiza zajednice slatkovodnih mekušaca korišćenjem različitih indeksa (Simpson indeks; Shannon-Wiener indeks; Margalef indeks i Evenness indeks, odnosno Zelinka and Marvan za saprobiološku analizu). Rezultati analiziranih indeksa diverziteta za zajednice mekušaca na istraživanim lokalitetima pojedinačno, beleže minimalne vrednosti u Kusjaku, a maksimalne u Dubovačkom ritu (Slika 27). Minimalne vrednosti analiziranih indeksa, gledano uprosečeno po zonama rečnog toka, zabeležene su u rečnoj zoni, dok maksimalne vrednosti ostaju karakteristika plavne zone reke (Slika 28).

Vrednosti Simpson indeksa diverziteta, zasnovanog na udelu dominantnih vrsta u malakofauni istraživanog područja Dunava, varirale su od 0,04 u Kusjaku do 0,70 u Dubovačkom ritu; za Shannon-Wiener indeks diverziteta vrednosti su varirale u opsegu od 0,06 u Kusjaku do 1,40 u Dubovačkom ritu. Vrednosti Margalef indeksa diverziteta, koji je zasnovan da bogatstvu vrsta, beleži minimalnu vrednost od 0,02 u Kusjaku, dok je maksimalna vrednost indeksa od 1,33 zabeležena u Dubovačkom ritu. Vrednosti za Evenness indeks variraju od 0,53 u Novom Sadu do 0,92 u Kusjaku.

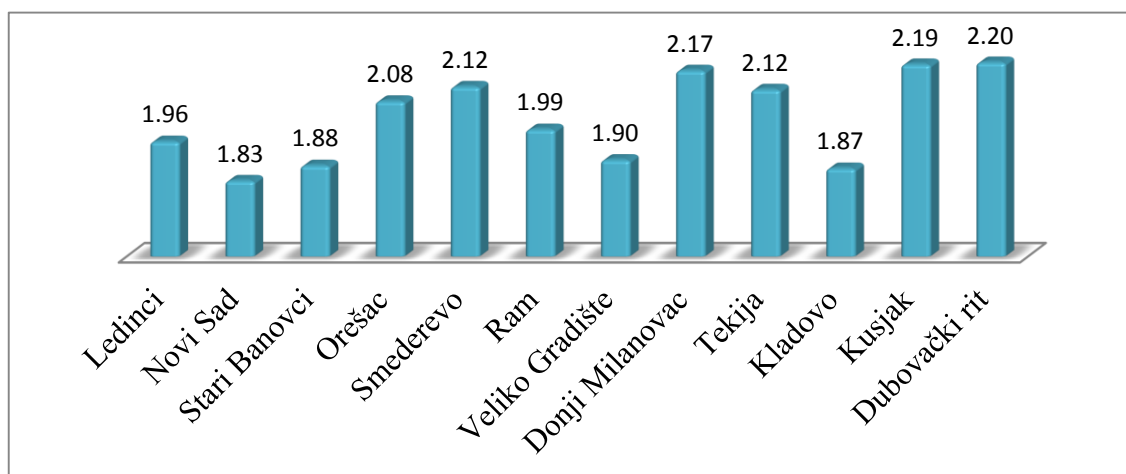


Slika 27. Prikaz vrednosti indeksa diverziteta zajednice slatkovodnih mekušaca na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).



Slika 28. Prikaz vrednosti indeksa diverziteta zajednice slatkovodnih mekušaca u istraživanim zonama Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Dobijeni rezultati saprobiološke analize malakofaune prema Zelinka and Marvan (1961), variraju od 1,83 u Novom Sadu do 2,20 u Dubovačkom ritu (Slika 29).



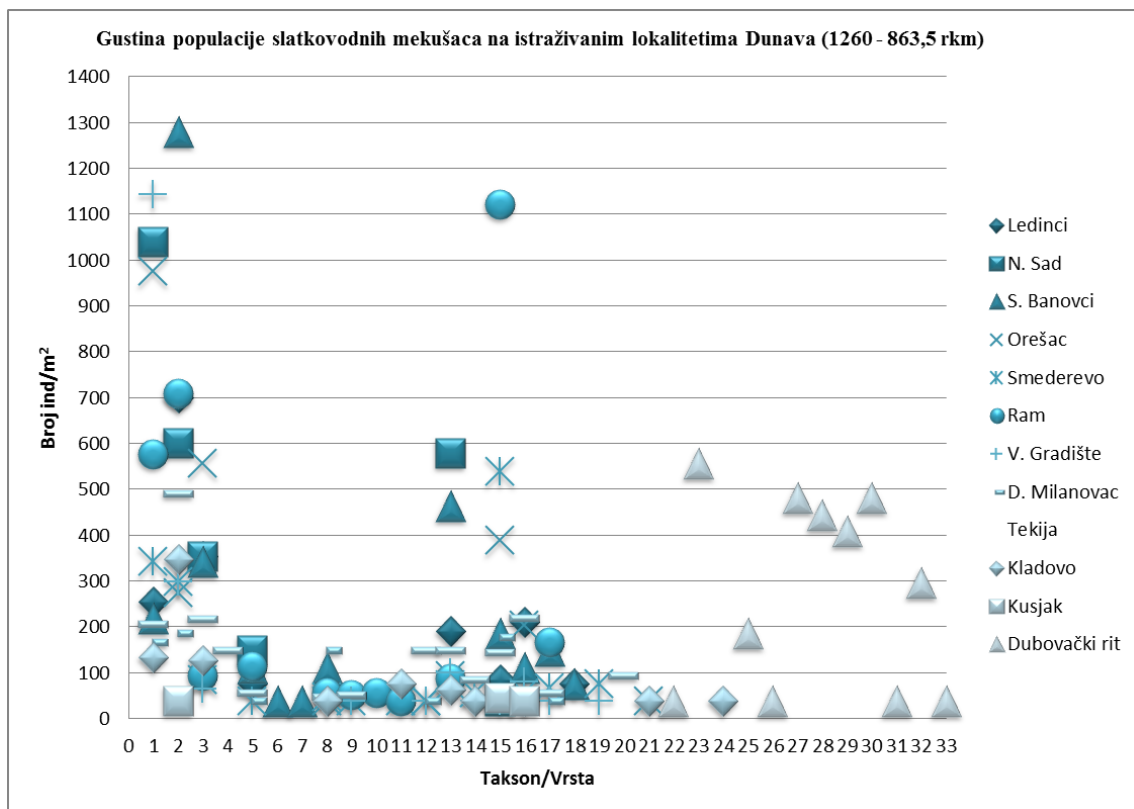
Slika 29. Prikaz vrednosti saprobiološke analize zajednice slatkovodnih mekušaca prema Zelinka and Marvan (1961) na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Na osnovu rezultata dobijenih analizom bioloških parametara urađena je ocena ekološkog statusa vode na istraživanom području Dunava (1260 – 863,5 rkm) u periodu

od 2007 – 2011. godine, prema važećem Pravilniku („Službeni glasnik RS“, 74/2011) i Uredbi („Službeni glasnik RS“, 50/12). Na osnovu rezultata Shannon-Wiener indeksa diverziteta za faunu mekušaca zabeleženu na istraživanom području, kvalitet vode možemo svrstati u granice IV-V klase ekološkog statusa. Shannon-Wiener indeks diverziteta bazira se na raznolikosti zabeležene faune, a usled primene indeksa samo na faunu mekušaca, kao izdvojenu komponentu zajednice makroinvertebrata vrednosti analiziranog indeksa su znatno više u odnosu na date vrednosti istog indeksa izračunate za celu faunu makroinvertebrata zabeleženu na istraživanom području. Prema rezultatima saprobiološke analize zabeležene malakofaune - vodu istraživanog područja možemo svrstati u granicama II klase kvaliteta za istraživani tip vodotoka (Tip 1 vodotoka – velika ravničarska reka).

4.7. Analiza zavisnosti zajednice slatkovodnih mekušaca od pojedinih abiotičkih parametara statusa vodenog ekosistema

U petogodišnjem periodu istraživanja zajednice mekušaca Dunava (1260 – 863,5 rkm) zabeleženo je ukupno 5376 individua. Na lokalitetima rečne zone zabeleženo je 703 individue, na lokalitetima prelazne zone maksimalnih 2345 individua, na lokalitetima jezerske zone 2138 individua, dok je u plavnoj zoni zabeleženo minimalnih 189 individua. Gustina populacije na istraživanim lokalitetima kretala se od minimalnih 37 ind/m² do maksimalnih 1279 ind/m² (Slika 30).

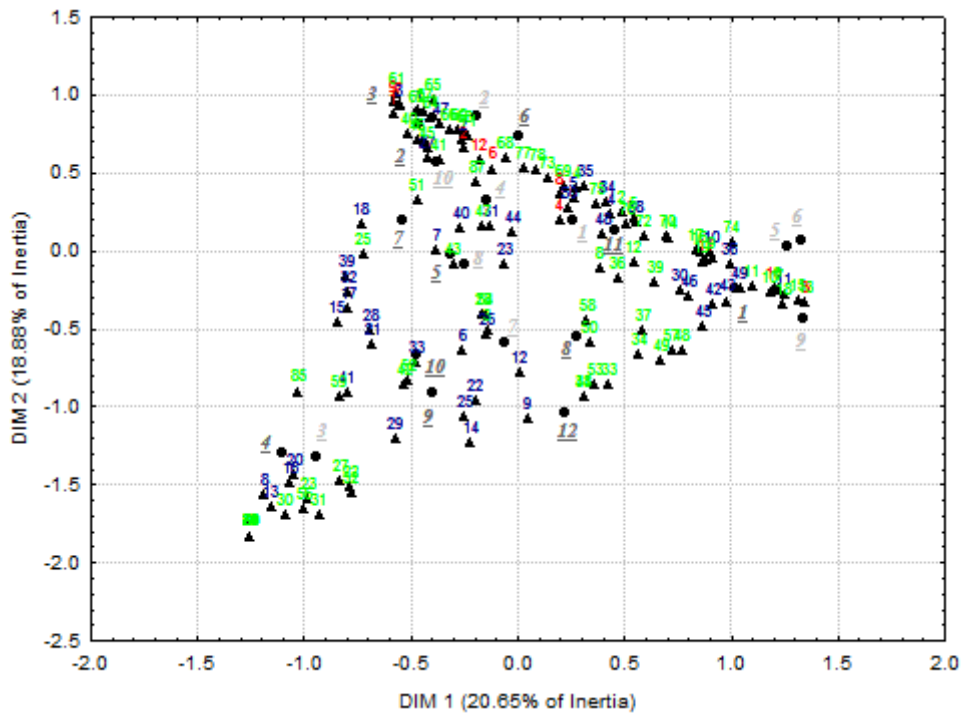


Slika 30. Grafički prikaz prosečnih vrednosti gustine populacije mekušaca na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm); opis šifara za takson/vrsta dat je u Prilogu 5.

Kvantitativne vrednosti zabeleženih taksona (broj ind/m²) analizirane su korespondentnom analizom (CA) upotrebom statističkog softvera "Statistica" verzija 7 (StatSoft, Inc. 2004). Prvom CA pokazano je veliko razdvajanje lokaliteta i vrsta, odnosno Dubovačkog rita od ostalih lokaliteta. Usled specifičnosti podataka o malakofauni plavne zone Dunava, gde su zabeleženi samo predstavnici grupe Gastropoda, lokalitet Dubovački rit bio je isključen iz daljih statističkih analiza radi povećanja disperznosti lokaliteta i vrsta zabeleženih u ostalim zonama istraživanog dela reke. Druga CA pokazuje statistički značajno razdvajanje lokaliteta i vrsta u prostoru prve dve korespondentne ose (DIM 1 20,65%; DIM 2 18,88%) koje zajedno objašnjavaju 39,52% ukupne varijabilnosti (Slika 31; Tabela 6).

U pozitivno definisanom polju rezultujućeg dijagrama duž DIM 1 ose uočavamo odvajanje većine uzoraka sa lokaliteta jezerske zone, nešto manji broj uzoraka sa lokaliteta prelazne zone i svega pet uzoraka sa lokaliteta rečne zone u odnosu na ostale analizirane lokalitete koji su u negativno definisanom polju rezultujućeg dijagrama duž DIM 1 ose. Njihovom karakterističnom razdvajanju doprinelo je prisustvo sledećih pet taksona iz klase Bivalvia - *Corbicula fluminea*; *Sphaerium corneum*; *Unio tumidus*; *Pseudanodonta complanata*; *Sinanodonta woodiana* i četiri takosna iz grupe Gastropoda – *Theodoxus fluviatilis*; *Radix labiata*; *Acroloxus lacustris* i *Valvata piscinalis*.

Prema DIM 2 osi u pozitivno definisanom polju rezultujućeg dijagrama grupiše se veći deo lokaliteta rečne zone, sa lokalitetima prelazne i jezerske zone. Ono što je doprinelo grupisanju jeste velika zastupljenost Bivalvia iz familije Dreissenidae i Gastropoda – *Boristenia naticina*; *Bithynia tentaculata* i *Theodoxus danubialis*, dok se u negativno definisanom polju rezultujućeg dijagrama DIM 2 ose uglavnom grupišu lokaliteti prelazne zone reke. Njihovom grupisanju doprinelo je prisustvo taksona iz familija Unionidae, Pisidae i Sphaeridae, kao i prisustvo gastropodnih taksona – *Viviparus viviparus* i *Viviparus acerosus*.

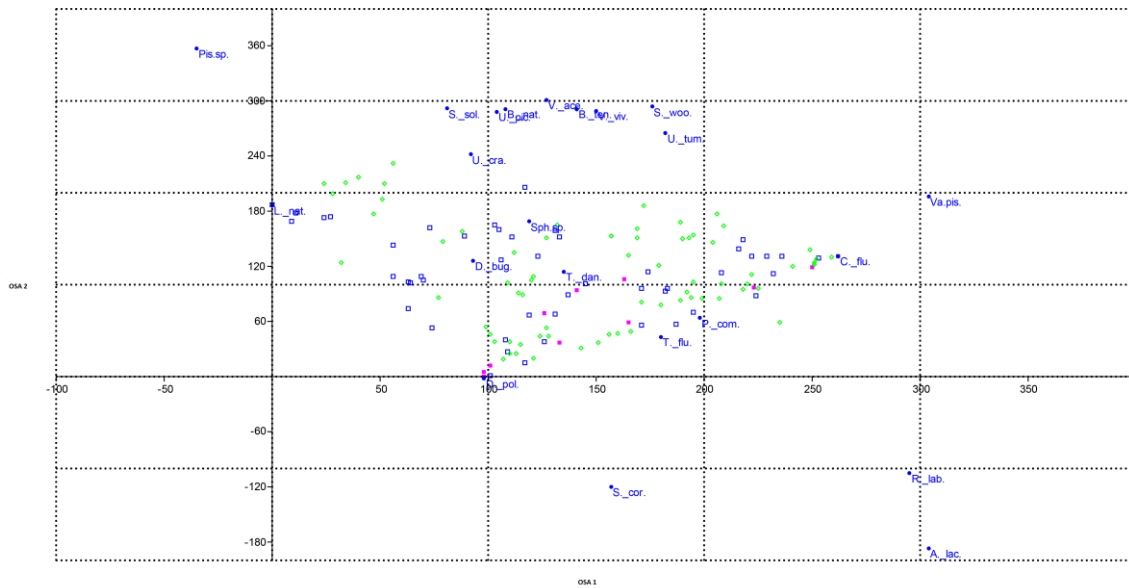


Slika 31. Prikaz rezultata korespondentne analize (CA) za zajednicu mekušaca istraživanog područja Dunava (1260 – 863,5 rkm) u periodu od 2007 – 2011. godine - lokaliteti (▲ - rečna zona; ▲ - prelazna zona i ▲ - jezerska zona) i vrste (● *Bivalvia* i ● *Gastropoda*) u prostoru prve dve korespondentne ose (DIM 1 i DIM 2) – opis šifara je dat u Prilogu 6.

Tabela 6. Tabelarni prikaz svojstvenih vrednosti i varijabilnosti koju ose opisuju za CA malakofaune istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm). Ukupna varijabilnost = 2,7581 $\text{Chi}^2=1145,4$; $\text{df}=187$ i $p=0,0000$.

Svojstvena vrednost	Pojedinačna vrednost	% varijabilnosti	% varijabilnosti kumulativno
0,754694	0,569563	20,65076	20,6508
0,721594	0,520698	18,87905	39,5298
0,472788	0,223529	8,10453	47,6343
0,439482	0,193145	7,00289	54,6372
0,395565	0,156472	5,67322	60,3105
0,392452	0,154018	5,58428	65,8947
0,377520	0,142521	5,16742	71,0622
0,371945	0,138343	5,01593	76,0781
0,330414	0,109173	3,95833	80,0364
0,318236	0,101274	3,67191	83,7083
0,285580	0,081556	2,95698	86,6653
0,256695	0,065893	2,38908	89,0544
0,254889	0,064968	2,35558	91,4100
0,240654	0,057914	2,09981	93,5098
0,239025	0,057133	2,07147	95,5812
0,209574	0,043921	1,59247	97,1737
0,183341	0,033614	1,21875	98,3925
0,120475	0,014514	0,52624	98,9187
0,115115	0,013252	0,48046	99,3992
0,094967	0,009019	0,32700	99,7262
0,086906	0,007553	0,27384	100,0000

Detrendovana korespodentna analiza (DCA) urađena je uz pomoć statističkog softvera "Flora" (Karadžić and Marinković, 2009) na osnovu zajednice mekušaca zabeležene na istraživanom području Dunava. Rezultujući ordinacijski dijagram prikazan je na slici 32. Rezultati DCA ukazuju na veliku heterogenost strukture zajednice mekušaca sa najvećim skorom na x-osi koji je znatno veći od 4.SD, usled čega je urađena kanonijsko korespodentna analiza (CCA) za razmatranje stepena uticaja ekoloških parametara na sastav malakofaune.



Slika 32. Prikaz rezultata detrendovane korespondentne analize (DCA) za zajednicu mekušaca istraživanog područja Dunava (1260 – 863,5 rkm) - lokaliteti (● - rečna zona; □ - prelazna zona i ● - jezerska zona) i vrste (●, opis šifara dat je u Prilogu 6) u prostoru prve dve korespondentne ose (Osa 1 i Osa 2).

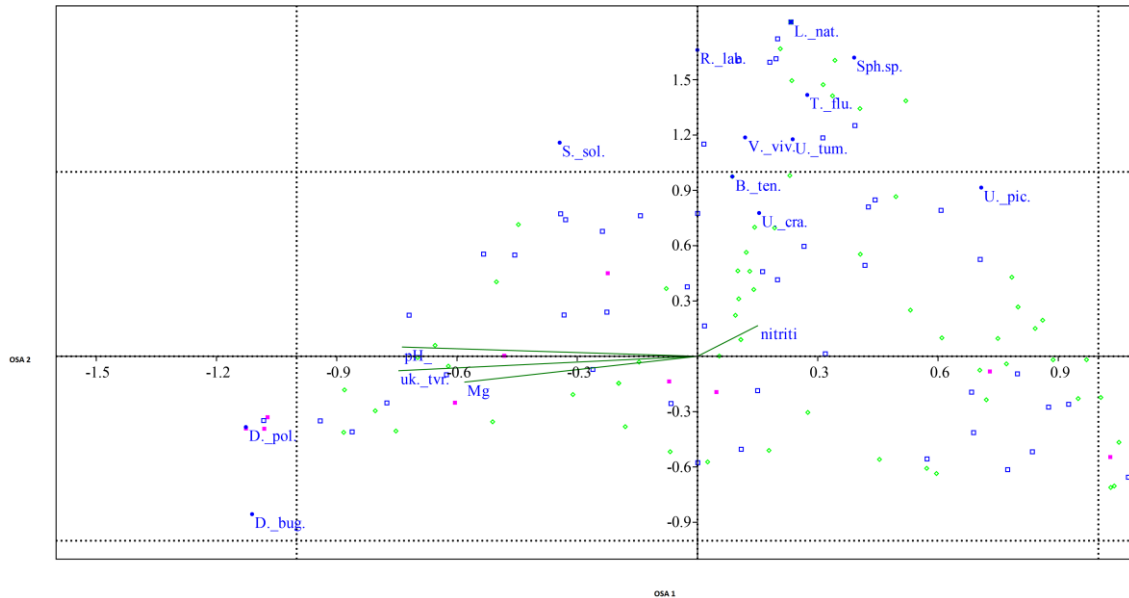
Odabir najznačajnijih faktora okruženja urađen je prethodnom analizom sredinskih faktora upotrebom FS analize, zasnovanoj na Pearson-ovom korelacionom testu ($p < 0,05$). Monte Carlo permutacioni test (999 permutacija) urađen je kako bi se proverila statistička značajnost sume svih svojstvenih vrednosti. Analiza nam je omogućila da utvrdimo gradijent zavisnosti varijabilnosti malakofaune i fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode na istraživanim lokalitetima i na taj način da odaberemo faktore koji će biti analizirani u CCA. Unos optimalnog broja faktora okruženja u CCA značajan je kako bi se održala pouzdanost ove analize. Naime, u slučaju velikog broja analiziranih parametara okruženja, CCA rezultujući dijagram počinje da liči na CA dijagram, te veza parametara okruženja i zajednice postaje nejasna i rezultat nepouzdan (Karadžić and Marinković, 2009; Karadžić, 2013).

Rezultati FS analize gradijenta značajnosti uticaja sredinskih parametara kvaliteta vode na zajednicu mekušaca istraživanog područja Dunava prikazani su u tabeli 7.

Tabela 7. Rezultati FS analize gradijenta značajnosti uticaja sredinskih parametara kvaliteta vode na zajednicu mekušaca istraživanog područja Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Parametar	Svojstvena vrednost	F statistika	Verovatnoća
Uk. tvrdoća	0,1425	8,1160	0,000
pH	0,1329	7,5409	0,000
Mg	0,1169	6,5956	0,000
Mangan	0,1112	6,2597	0,000
Nitriti	0,1074	6,0348	0,002
Sulfati	0,1022	5,7317	0,002
Gvožđe	0,0859	4,7869	0,006
Natrijum	0,0847	4,7229	0,006
Suvi ostatak	0,0801	4,4558	0,006
Kadmijum	0,0720	3,9927	0,006
Providnsot	0,0712	3,9478	0,006
Olovo	0,0627	3,4636	0,006
Konduktivitet	0,0620	3,4260	0,012
Hlorofil-a	0,0613	3,3853	0,028
BPK ₅	0,0532	2,9282	0,028
Hloridi	0,0530	2,9213	0,062
SiO ₂	0,0484	2,6607	0,006
Nikl	0,0470	2,5814	0,030
Rastvoreni kiseonik	0,0463	2,5445	0,034
Organski N	0,0378	2,0710	0,102
Uk, N	0,0373	2,0435	0,146
Amonijum jon	0,0369	2,0200	0,174
Orto fosfati	0,0322	1,7591	0,174
Kalijum	0,0313	1,7095	0,284
Nitrati	0,0301	1,6433	0,246
Bakar	0,0292	1,5965	0,160
Arsen	0,0268	1,4611	0,378
HPK	0,0259	1,4134	0,522
Uk,P	0,0252	1,3742	0,188
Fenoli	0,0243	1,3256	0,712
Hrom	0,0236	1,2834	0,734

Rezultati CCA prikazani su ordinacijskim plotom na slici 33. Prve dve CCA ose (svojtvena vrednosti 0,18 i 0,07) opisuju ukupno 97,84% varijabilnosti između analiziranih vrsta i sredinskih faktora (69,52% Osa 1 i 28,38% Osa 2) (Tabela 8).



Slika 33. Prikaz rezultata kanonijsko korespondentne analize (CCA) za zajednicu mekušaca i odabranih sredinskih parametara (pH, ukupna tvrdoća vode, Mg i nitriti) na istraživanom poručju Dunava (1260 – 863,5 rkm) - lokaliteti (● - rečna zona; □ - prelazna zona i ● - jezerska zona) i vrste (●, opis šifara dat je u Prilogu 6) u prostoru prve dve korespondentne ose (Osa 1 i Osa 2).

Tabela 8. Tabela prikaz svojstvenih vrednosti i varijabilnosti osa za CCA malakofaune i odabranih sredinskih parametara kvaliteta vode istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Osa	Svojtvena vrednost	% varijabilnosti
1	0,18571	69,52
2	0,075816	28,38
3	0,00559	2,093
4	$2,43 \cdot 10^{-6}$	0,000908

Dobijeni rezultati ukazuju na izdvajanje taksona iz familije Dreissenidae na lokalitetima rečne zone, što je pokazano i CA analizom. Navedeni taksoni su pozitivno

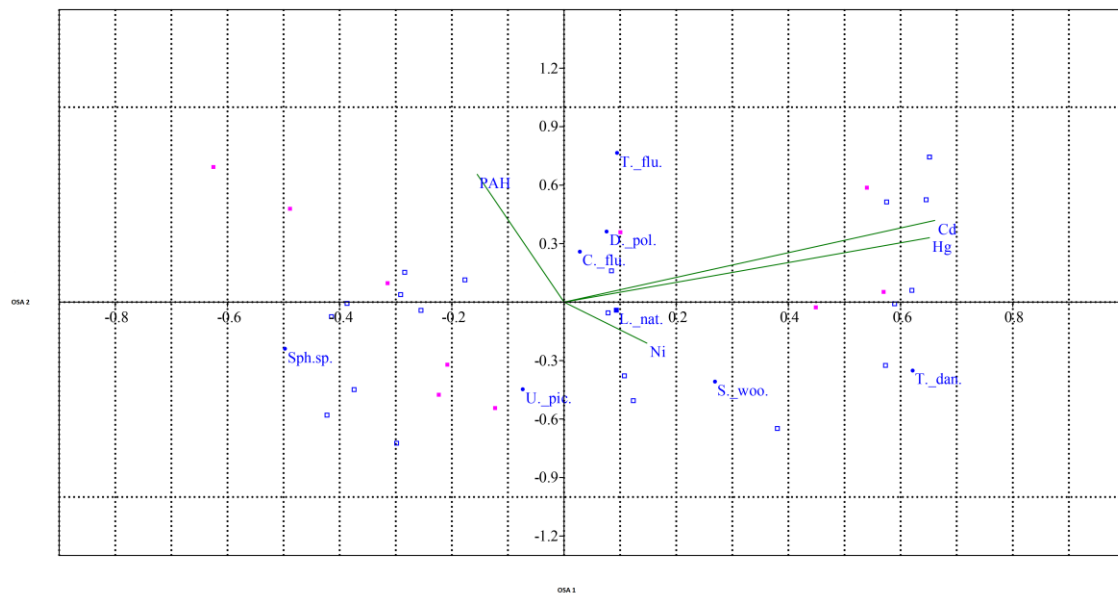
korelisani, odnosno njihovo prisustvo uslovljeno je uslovima staništa i to ukupnom tvrdoćom vode, koncentracijom Mg i pH vrednošću. Navedene promenjive pokazuju najveću značajnost za analiziranu zajednicu prema prvoj CCA osi. Druga grupa izdvojenih taksona su Unionidae (*Unio crassus*), ali i taksoni iz grupe Gastropoda, *Bithynia tentaculata* i *Viviparus viviparus* pokazuju pozitivnu korelisanost sa prisustvom nitrita u vodi.

Odabir najznačajnijih sredinskih faktora sedimenta, takođe je urađen upotrebom FS analize, zasnovane na Pearson-ovom korelacionom testu ($p < 0,05$). Monte Carlo permutacioni test (999 permutacija) urađen je kako bi se proverila statistička značajnost sume svih svojstvenih vrednosti. Analiza nam je omogućila da utvrdimo gradijent zavisnosti varijabilnosti malakofaune i prisustva organskih polutanata, teških i toksičnih metala u sedimentu na istraživanim lokalitetima Dunava (1112 – 863,5 rkm) u periodu od 2007 – 2011. godine. Rezultati FS analize gradijenta značajnosti uticaja sredinskih parametara kvaliteta vode na zajednicu mekušaca istraživanog područja Dunava prikazani su u tabeli 9.

Tabela 9. Rezultati FS analize gradijenta značajnosti uticaja teških i toksičnih metala i organskih polutanata u sedimentu na zajednicu mekušaca istraživanog područja Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Parametar	Svojstvena vrednost	F statistika	Verovatnoća
Cd	0,1233	2,41259	0,000
Hg	0,1125	2,18713	0,000
PAH	0,0883	1,69365	0,000
Ni	0,0737	1,40282	0,002
Cr	0,0554	1,04347	0,014
Cu	0,0502	0,94167	0,024
Zn	0,0452	0,84642	0,096
Pb	0,0409	0,76396	0,112
As	0,0401	0,74802	0,242
PCB	0,0297	0,55155	0,498

Rezultati CCA malakofaune i prisustva teških i toksičnih metala i organskih polutanata u sedimentu prikazani su ordinacijskim plotom na slici 34. Prve dve CCA ose (svojstvene vrednosti 0,12 i 0,08) opisuju ukupno 81,76% varijabilnosti između analiziranih vrsta i sredinskih faktora (48,15% Osa 1 i 33,61% Osa 2) (Tabela 10).



Slika 34. Prikaz rezultata CCA za zajednicu mekušaca i odabranih sredinskih parametara sedimenta (Cd, Hg, PAH i Ni) na istraživanom području Dunava (1112 – 863,5 rkm) - lokaliteti (● - prelazna zona i □ - jezerska zona) i vrste (●, opis šifara dat je u Prilogu 6) u prostoru prve dve korespondentne ose (Osa 1 i Osa 2).

Tabela 10. Tabelarni prikaz svojstvenih vrednosti i varijabilnosti osa za CCA malakofaune i odabranih sredinskih parametara u sedimentu istraživanog dela Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Osa	Svojstvena vrednost	% varijabilnosti
1	0,12097	48,15
2	0,084436	33,61
3	0,045741	18,21
4	0,000103	0,04082

Dobijeni rezultati ukazuju na izdvajanje taksona iz familije Dreissenidae na lokalitetima rečne zone koji su pozitivno korelisani sa prisustvom Cd, Hg i PAH u sedimentu, dok je *Theodoxus fluviatilis* u većoj korelaciji sa prisustvom PAH nego Cd i Hg u sedimentu. *Lithoglyphus naticoides* pokazuje pozitivnu korelisanost sa prisustvom Ni u sedimentu. Cd i Hg na osnovu dužine vektora, kao i na osnovu ugla koji zaklapa sa

prvom CCA osom, možemo zaključiti da navedene promjenjive pokazuju najveću korelisanost sa zajednicom.

4.8. Primena molekularnih metoda u taksonomiji

Molekularno-genetičke metode najveću primenu imaju prilikom određivanja konzervacionih jedinica, jer je koncept vrste, kao najniže taksonomske kategorije, odavno prevaziđen i nedovoljan sa aspekta genetičkog diverziteta. Za rasvetljavanje filogenetskih odnosa odabranih alohtonih i autohtonih vrsta slatkovodnih mekušaca, u našim istraživanjima, korišćene su nukleotidne sekvence gena za citohrom-oksidadu I (COI) i segmenta velike subjedinice ribozoma (16S rDNK), na mitohondrijalnoj DNK.

Citohrom-oksidadu I kodira podjedinicu I kompleksa citohrom-oksidade c deo je elektronskog transportnog lanca u procesu oksidativne fosforilacije i zbog visoke konzerviranosti, ovaj gen smatra se jednim od najkorisnijih molekularno filogenetskih markera. Aminokiselinske sekvence citokrom-oksidade I korisne su za istraživanje davnih evolucionih događaja, jer su aminokiselinske supstitucije retke među vrstama, zato je ovaj region, tzv. barkoding region, primenjiv u procesu identifikacije alohtonih vrsta, odnosno preciznije identifikacije vrsta koje imaju izražene ekoplastičnosti morfologije ljuštura, kao i utvrđivanje genetičkog diverziteta nativnih populacija u malakologiji.

Aminokiselinska sekvenca 16S rDNK sačinjena je od hipervarijabilnih regiona (sekvence izmenjene u toku dužeg perioda evolucije) isprekidanih visoko konzervativnim regionima. Analiza sekvenci gena koji kodiraju ribozomalnu DNK (rDNK) veoma su korisne u taksonomiji i filogeniji, za procenu stepena divergencije vrsta na osnovu evolutivne srodnosti.

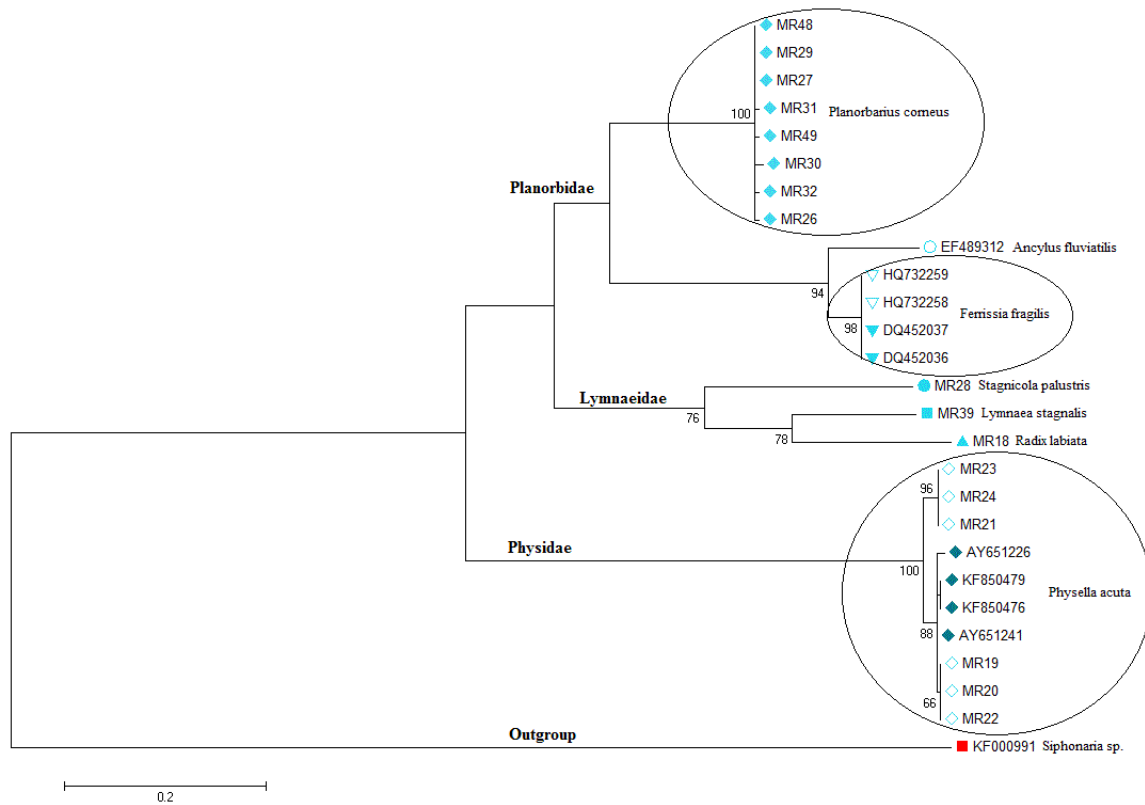
4.8.1. Filogenetski odnosi odabranih autohtonih i alohtonih vrsta iz reda Basommatophora

Analiza filogenetskih odnosa kod vrsta iz reda Basommatophora sa prostora Evrope, Azije i SAD, urađena su na osnovu 54 sekvenci (16S rDNK i COI).

Ispitivane sekvence za 16S rDNK bile su dužine 359 bp odnosno 315 bp za COI. Primećen je ujednačen raspored baza između ispitivanih sekvenci, osim sekvence koja je korišćena kao spoljna grupa – *Siphonaria* sp., marinska vrsta iz reda Basommatophora. Pomoću spoljne grupe (eng. Outgroup) filogenetska stabla su „ukorenjena“ i činjenica da poseduje veće razlike u nukleotidnom sastavu od ispitivanih sekvenci, ukazuje na ispravan odabir vanjske grupe.

U filogenetskim analizama korišćene su Bayesian analiza i metoda najveće verovatnoće (Maximum Likelihood – ML). Pouzdanosti filogenetskih stabala su proverene metodama samoučitavanja (Holmes, 2003) i naknadnim verovatnoćama.

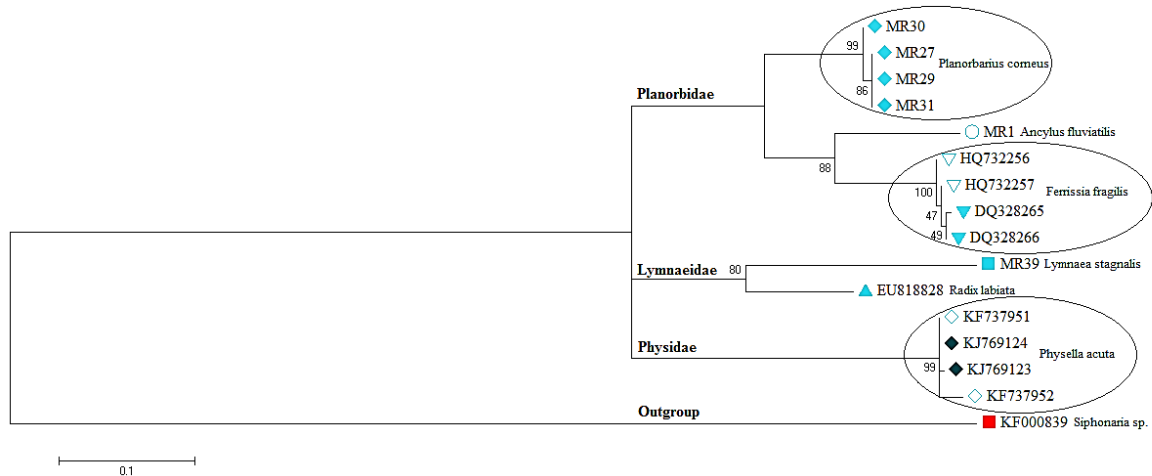
Filogenetsko stablo haplotipova za 16S rDNK dobijeno ML metodom prikazano je na slici 35. Na filogramu se uočava jasno razvajanje haplotipova prema očekivanoj taksonomskoj podeli u tri familije: Planorbidae, Lymnaeidae i Physidae.



Slika 35. Konsenzus filogenetsko stablo haplotipova (16S rDNK) primenom ML metode (◆●■▲◇ Srbija; ◆▼ SAD; ▽ Italija, ○ Nemačka i ■ Australija).

U okviru haplogrupe familije Planorbidae izdvajaju se dva klastera, jedan čini nekoliko haplotipova *Planorbarius corneus*, dok drugi klaster grade po jedan pateliformni haplotip za *Ancyclus fluviatilis* i jedan haplotip za *Ferrissia fragilis*. Drugu haplogrupu iz familije Lymnaeidae, grade *Stagnicola palustris*, *Lymnaea stagnalis* i *Radix labiata*. Treću haplogrupu familije Physidae čini dva haplotipa za individue sa našeg područja istraživanja i dva haplotipa iz native Severno Američke populacije. Male dužine grana za analizirane haplotipove objašnjavaju veću sličnost među njima, što podržava tvrdnje o njihovom poreklu.

Filogenetsko stablo haplotipova za COI analizirano ML metodom prikazano je na slici 36. Na filogramu se uočava razdvajanje haplotipova u tri haplogrupe (Planorbidae, Lymnaeidae i Physidae) kao i analizom 16S rDNK.



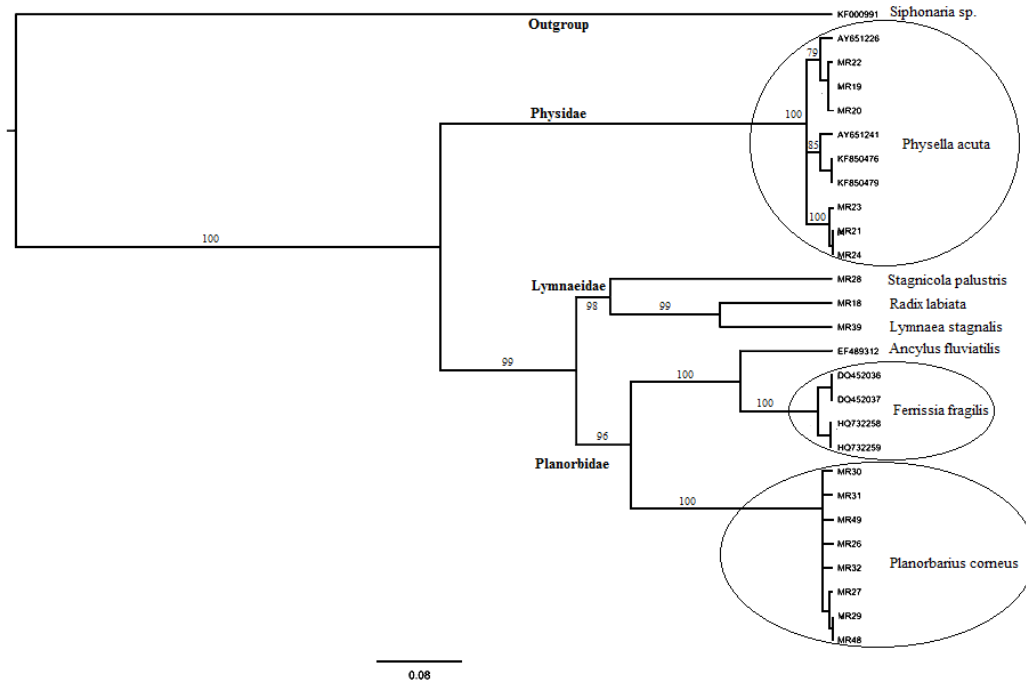
Slika 36. Konzensus filogenetsko stablo haplotipova (COI) primenom ML metoda

(◆▲■ Srbija; ○ Crna Gora; ▽ Italija; ▼ ◆ SAD; ◇ Grčka i ■ Australija).

U okviru haplogrupe familije Planorbidae izdvajaju se dva klastera, jedan čine dva haplotipa *Planorbarius corneus*, dok drugi klaster grade pateliformni haplotipovi. Drugu haplogrupu familija Lymnaeidae, grade *Lymnaea stagnalis* i *Radix labiata*. Treću haplogrupu familiju Physidae čini po dva haplotipa za individue sa područja Grčke i nativne Severno Američke populacije. Male dužine grana za analizirane haplotipove ukazuju na veću sličnost među njima. Analizom ML metodom, pokazano je očekivano grupisanje zabeleženih haplotipova u haplogrupe prema važećoj taksonomskoj podeli. Ova podela je potvrđena i prethodnim filogenetskim stablom sa 16S rDNK sekvencama.

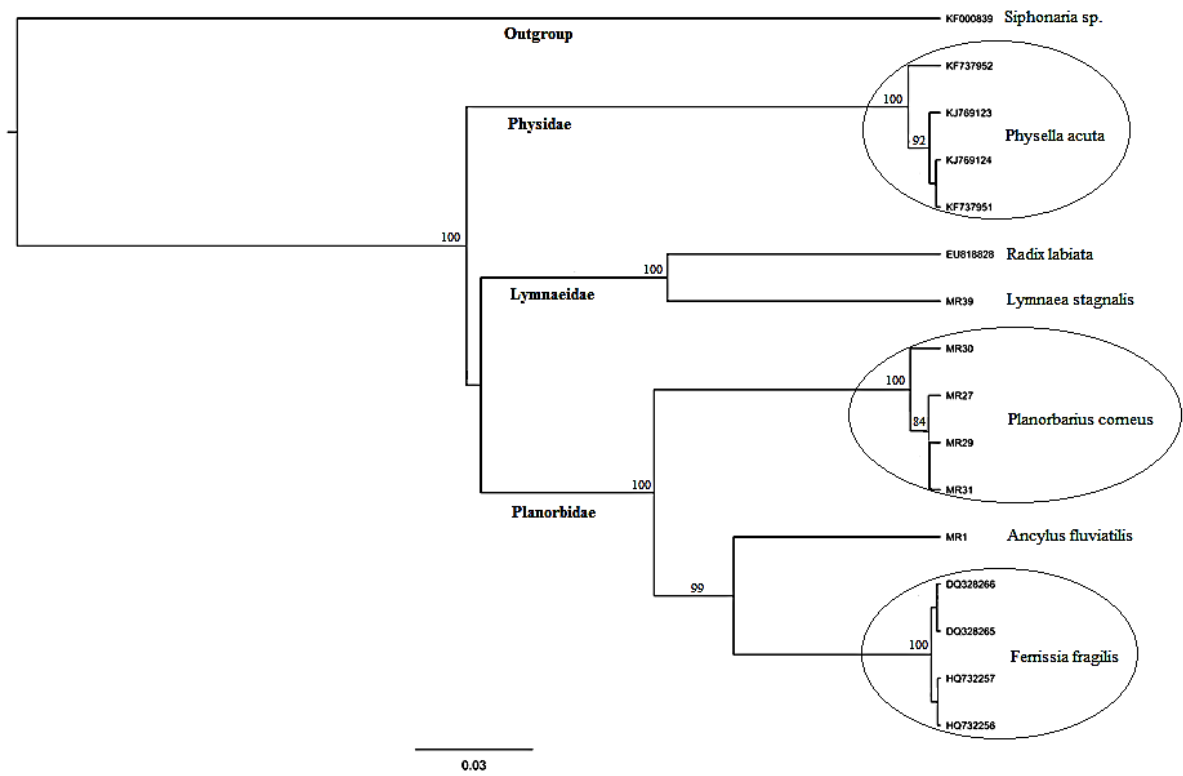
Bayesian analizom dobili smo ukorenjen filogram nastao iz odnosa sekvenci za 16S rDNK gen (Slika 37). U čvorovima grananja beleže se visoke vrednosti naknadne verovatnoće. Na filogramu se može uočiti da su grupe podržane i da se odvajaju, kao što smo prikazali i ML metodom. Haplotipovi alohtone vrste za naše područje istraživanja *Physella acuta* i *Ferrissia fragilis* iz područja najbližeg našem sa uzorcima nativne populacije iz Severne Amerike grupišu se tako da jasno prikazuju srodnost analiziranih haplotipova. Sekvence za vrstu *Physella acuta* sa područja Srbije pokazuju grupisanje u nekoliko haplotipova, ali i mali postotak divergencije na stablu, što nam govori o bliskosti jedinki sa našeg područja istraživanja i nativne populacije. *Planorbarius*

corneus, kao autohtona vrsta, izdvaja se u više haplotipova što odlikava genetički diverzitet populacije iz Srbije.



Slika 37. Konsenzus filogenetsko stablo haplotipova (16S rDNK) izgrađeno Bayesian analizom (Opis porekla pojedinačnih uzoraka dat je u tabelama 2 i 3).

Rezultat Bayesian analize je ukorenjen filogram na osnovu odnosa sekvenci za COI gen, sa vrednostima naknadne verovatnoće u čvorovima grananja, kao alternativa za vrednosti samoučitavanja (Slika 38). Na filogramu se može uočiti da su grupe podržane i da se odvajaju kao što smo prikazali i filogramom za ML metod. Unutar grupa, haplotipovi se grupišu tako da jasno ukazuju na bliskost haplotipova iz Evrope i native populacije (SAD) za alohtone vrste *Physella acuta* i *Ferrissia fragilis*. Sekvence autohtone vrste *Planorbarius corneus* grupišu se zajedno, ali se uočava postojanje dva haplotipa, što je posledica postojanja genetičkog diverziteta u okviru analiziranog gena.



Slika 38. Konsenzus filogenetsko stablo haplotipova (COI) izgrađeno Bayesian analizom (Opis porekla pojedinačnih uzoraka dat je u tabelama 2 i 3).

Rezultati dobijenih vrednosti genetičke distance (p-distanca) između analiziranih haplotipova za 16S rDNK i COI gene prikazani su u tabelama 11 i 12 (Opis porekla pojedinačnih uzoraka dat je u tabelama 2 i 3).

Tabela 11. Genetička distanca između analiziranih haplotipova za 16S rDNK.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	A.fl.	F.fr.	F.fr.	F.fr.S	L.st.	P.ac.S	P.ac.	P.ac.	P.ac.	P.ac.S	P.ac.S	F.fr.S	P.co.	P.co.	P.co.	S.pa.	R.la.	Siph.	
1	A. fluviatilis																		
2	F. fragilis	0.10																	
3	F. fragilis	0.10	0.00																
4	F. fragilis, SAD	0.10	0.00	0.00															
5	L. stagnicola	0.23	0.22	0.22	0.22														
6	P. acuta, SAD	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30													
7	P. acuta	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.01												
8	P. acuta	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.03	0.03											
9	P. acuta	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.01	0.00	0.03										
10	P. acuta, SAD	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	0.01	0.03	0.01									
11	P. acuta, SAD	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01								
12	F. fragilis, SAD	0.10	0.00	0.00	0.00	0.22	0.30	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30							
13	P. corneus	0.21	0.20	0.20	0.20	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.20						
14	P. corneus	0.22	0.20	0.20	0.20	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.20	0.00					
15	P. corneus	0.22	0.20	0.20	0.20	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25	0.20	0.01	0.00				
16	S. palustris	0.25	0.22	0.22	0.22	0.20	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.22	0.19	0.19	0.19			
17	R. labiata	0.26	0.26	0.26	0.26	0.16	0.31	0.30	0.31	0.30	0.31	0.31	0.26	0.24	0.25	0.24	0.19		
18	Siph. sp.	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.40	0.40	0.39	0.40	0.40	0.40	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	

Za 16S rDNK prikazane su vrednosti p-distance haplotipova za alohtone vrste, i na osnovu dobijenih vrednosti vidimo da se najmanje razlikuju analizirani haplotipovi za vrstu *Ferrissia fragilis*. Haplotipovi vrste *Physella acuta* unutar i između populacija nativnog i introdukovanog područja beleže p-distancu od 0,01 do 0,03. Najveća distanca zabeležena je između analiziranih vrsta i vanjske grupe iz roda *Siphonaria* sp.vrsta (0,36 – 0,40).

Tabela 12. Genetička distanca između analiziranih haplotipova za COI.

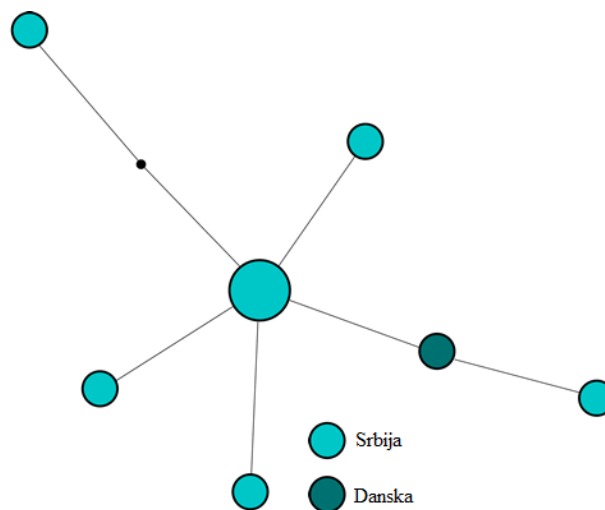
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	R.la.	F.fr.,S	F.fr.,S	F.fr.	F.fr.	P.ac.,S	P.ac.,S	A.fl.	P.co.	P.ac.	P.ac.	P.co.	Siph.	P.co.	P.co.	L.st.
1	R. abiata															
2	F. fragilis, SAD	0.18														
3	F. fragilis, SAD	0.18	0.00													
4	F. fragilis	0.18	0.00	0.01												
5	F. fragilis	0.18	0.01	0.01	0.00											
6	P. acuta, SAD	0.20	0.22	0.23	0.22	0.22										
7	P. acuta, SAD	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22	0.00									
8	A. fluviatilis	0.20	0.11	0.12	0.12	0.11	0.23	0.23								
9	P. corneus	0.17	0.13	0.13	0.13	0.13	0.21	0.21	0.13							
10	P. acuta	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22	0.02	0.02	0.23	0.21						
11	P. acuta	0.20	0.22	0.23	0.22	0.22	0.00	0.00	0.23	0.21	0.02					
12	P. corneus	0.17	0.13	0.13	0.13	0.13	0.21	0.21	0.13	0.00	0.21	0.21				
13	Siph. sp.	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31	0.33	0.34	0.32	0.34	0.34	0.33	0.34			
14	P. corneus	0.17	0.13	0.13	0.13	0.13	0.20	0.20	0.14	0.01	0.21	0.20	0.01	0.34		
15	P. corneus	0.17	0.13	0.13	0.13	0.13	0.21	0.21	0.13	0.00	0.21	0.21	0.00	0.34	0.01	
16	L. stagnalis	0.15	0.21	0.20	0.21	0.20	0.21	0.21	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.34	0.21	0.21

Analizom prosečne genetičke distance između analiziranih haplotipova za COI, uočavamo najmanju razliku haplotipova za vrstu *Ferrissia fragilis* unutar i između populacija nativnog i introdukovanog područja. Najveća p-distanca zabeležena je između vanjske grupe iz roda *Siphonaria* sp. i ostalih analiziranih vrsta (0,31 – 0,34).

4.8.2. Analiza haplotipova jedne autohtone vrste (*Planorbarius corneus*) i jedne alohtone vrste (*Physella acuta*) istraživanog područja Dunava (1260 – 863,5 rkm)

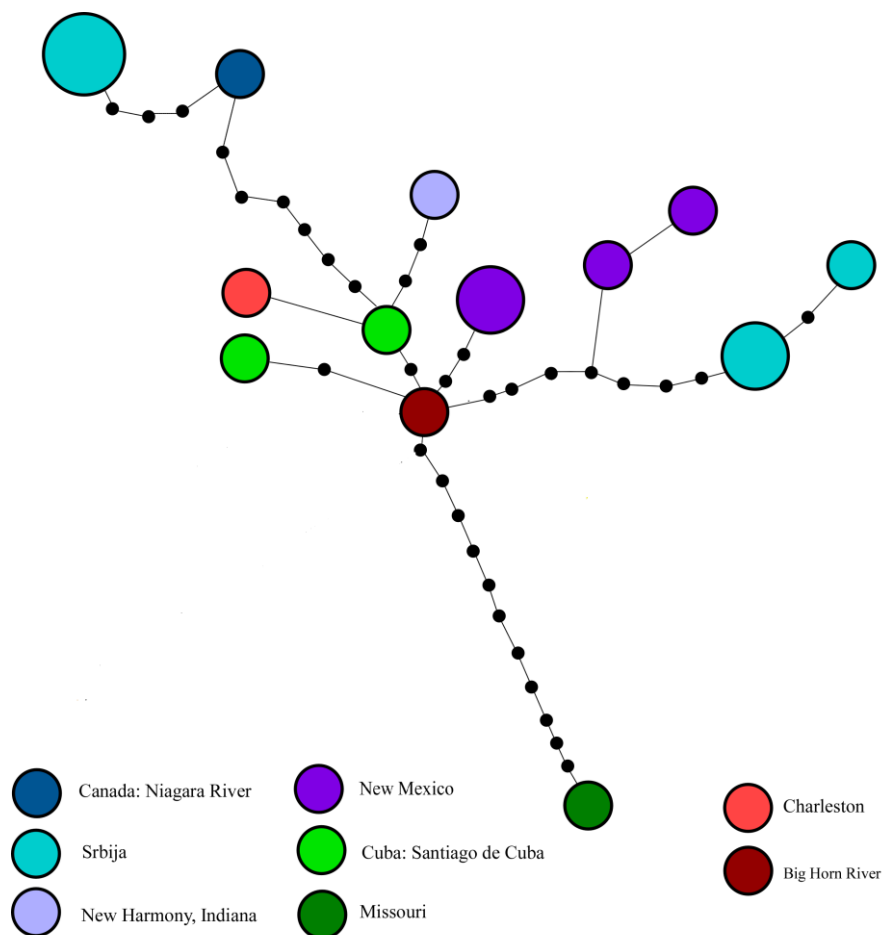
Rezultati analize haplotipova jedne autohtone i jedne alohtone vrste za 16S rDNK gen, uzorkovane u našim istraživanjima i poređene sa haplotipovima dostupnim u banci gena pri NCBI-u dobijeni su upotrebom programa TCS 1.21 (Clement i sar., 2000).

Poređenjem haplotipova za *Planorbarius corneus*, autohtonu vrstu za naše područje istraživanja i individue sa područja Danske, možemo uočiti da ne postoje veće razlike kod analiziranih sekvenci. Naime, sedam individua iz Srbije grupisane su u šest haplotipova koji se razlikuju od haplotipa iz Danske za svega jedan bp, odnosno četiri bp za najudaljenije haplotipove (Slika 39).



Slika 39. Prikaz povezanosti analiziranih haplotipova za autohtonu vrstu *Planorbarius corneus* (16S rDNK) zabeleženu u našim istraživanjima i haplotipova zabeleženih u Danskoj preuzetih iz banke gena pri NCBI-u. Svaki čvor predstavlja razliku od jednog bp.

Rezultati analize povezanosti haplotipova *Physella acuta*, kao alohtone vrste za naše područje istraživanja sa haplotipovima iz SAD kao native populacije pokazuju veću razliku u baznim parovima, ali ipak sa dovoljnom bliskošću za potvrdu severno-američkog porekla za analiziranu vrstu (Slika 40). Haplotipovi iz Srbije razlikuju se od najbližeg haplotipa SAD za četiri bp, dok najudaljeniji haplotipovi sa nativnog područja beleže veću razliku, do 25 bp. Naše individue su se značajno razdvojile ovom analizom i podelile u udaljene haplotipove koje pokazuju različite stepene sličnosti sa haplotipovima iz SAD.



Slika 40. Prikaz razlika u broju bp analizirane mreže haplotipova za alohtonu vrstu *Physella acuta* (16S rDNK) zabeleženu u našim istraživanjima i haplotipova zabeleženih u SAD-a kao native populacije preuzete iz banke gena pri NCBI-u. Svaki čvor predstavlja razliku od jednog baznog para.

5. DISKUSIJA

Mnoge zoogeografske i filogeografske studije jasno ukazuju da delta Dunava predstavlja jedno od najznačajnijih područja u Evropi (*hot spot*) sa stanovišta biodiverziteta slatkovodnih ekosistema (<http://www.danubeparks.org/>). Najznačajniji močvarni kompleks u Evropi formiraju plavna područja u donjem delu toka Dunava sa površinom od 600.000 ha. Delta Dunava, sa močvarnim kompleksom donjeg Dunava, gde je smešten veći broj zaštićenih područja (Ramsarska područja, nacionalni parkovi i parkovi prirode) odlikuje visok ekološki potencijal i jedinstveni biodiverzitet što ih svrstava u jedan od 200 najvrednijih ekoregiona na Zemlji (Sommerwerk i sar., 2009). Preklapanje palearktičke i mediteranske bigeografske zone doprinose izuzetno velikom biodiverzitetu. Tokom poslednjeg ledenog doba Dunav je predstavljao refugijum izvesnom broju biljnih i životinjskih vrsta, ali i važan koridor za ekspanziju i migraciju (Sommerwerk i sar., 2009).

Hidrotehnički inženjering, zaštita od poplava, melioracija i regulacija rečnog korita su glavni pokretači hidromorfoloških promena Dunava. U delti Dunava izgrađeno je približno 700 hidrotehničkih postrojenja, uključujući 156 hidroelektrana (Reinartz, 2002; ICPDR - www.icpdr.org). Izgradnjom brana uglavnom se nije vodilo računa o dugoročnim posledicama promene nivoa vode, promene protoka, kvaliteta vode, tj. kompleksnom uticaju na životnu sredinu (Mc Cartney i sar., 2000). Najveće brane izgrađene su na 942,9 rkm (1972. god.) i 863,4 rkm (1984. god.) toka Dunava u Srbiji, kada su formirane dve akumulacije - Đerdap I i Đerdap II. Izgradnjom brane Gabčikovo u Slovačkoj 1980. godine, zajedno sa Đerapom I i II, izazvane su značajne promene u pronosu sedimenta i režimu podzemnih voda (Nichersu i sar., 2010). Brane predstavljaju poprečne prepreke koje sprečavaju bilo koji vid razmene duž rečnih tokova što dovodi do fragmentacije njihovih ekosistema (Ward and Stanford, 1995). Osim promene režima protoka i sedimenta, brane utiču na hemizam i temperaturu vode, stoga one remete prirodne dinamičke procese i utiču na ekološki integritet ekosistema (Mc Cartney i sar., 2000). U slučaju Dunava, usled izgradnje brana dolazi do smanjenja brzine vode od 3-5 m/sec. – kao što je registrovano u pojedinim delovima reke koje karakterišu strmiji nagib korita (pogotovo između 991 i 1018 rkm) – do 1 m/sec. Kao posledica smanjenja brzine vode dolazi do promena u sastavu organsko-mineralnog sedimenta, koji počinje da se taloži u regionima akumulacija. Veći deo (80%) dna akumulacija (naročito zaliva i ravne površine) pokriven je slojem mulja, što dovodi do

širenja pelofilne biocenoze. Postepeno dolazi do smanjenja udela stena, peska i gline, kao tipa podloge, što je uslovalo redukciju gustine zajednica koji su naseljavali ovakve tipove podloge. U desetogodišnjem periodu istraživanja, depoziti na dnu akumulacija dostigli su debljinu od 10-11 metara, naročito u oblastima izraženog uspora (Brezeanu i Cioboiu, 2006; Babić Mladenović, 2007). Osim direktnog uticaja na uspor vode i promene u sastavu sedimenta u glavnom toku reke, izgradnja brana dovela je do veoma velikih promena u priobalnim, plavnim i trajno poplavljenim zonama reke. Pre izgradnje brane Gabčikovo, plavne zone Dunava u Slovačkoj i Mađarskoj zauzimale su veliku površinu (Holčík i sar., 1981). Nakon izgradnje brana hidrološki režim biva potpuno izmenjen (Ward i Stanford, 1995). Širina plavne zone sužava se na širinu od 3 do 5 km (O’ahel’ová, 2004). U tom delu Slovačke tok Dunava je izmenjen, ali je ostalo područje starog korita. Veza između glavnog toka i starog korita je ograničena što se odražava na nivo vode i u plavnim zonama, uz levu obalu 1835 rkm i 1800 rkm (O’ahel’ová, 2004). Ovako intezivne ljudske aktivnosti izazivaju niz hidroloških i hidromorfoloških promena u glavnom toku reke, koje zatim indirektno utiču na prirodna staništa u priobalnim, plavnim i trajno poplavljenim zonama velikih reka. U tipu vodenog ekosistema kao što su plavne zone, svi biotički faktori podređeni su uticaju hidrološkog režima glavnog toka reke (Šporka, 1998).

U našim istraživanjima prihvaćena je predložena podela toka Dunava u Srbiji na tri zone: rečna, prelazna i jezerska zona - kao rezultat sagledavanja posledica nastalih usled izgradnje brana (Damjanović and Vulić 2004; Martinović-Vitanović i sar., 2002a, 2006, 2013; Tubić i sar., 2013). Prema Tubić i sar. (2013), na osnovu faune makroinvertebrata, jasno se izdvajaju tri sektora dela Dunava kroz Srbiju – deo bez uspora (iznad Novog Sada), deo pod usporom (Novi Sad-Stara Palanka) i Đerdapski deo. Specifičnost područja istraživanja podvučena je i u radu Paunović i sar. (2005), gde je sektor Stara Palanka-Ram (1083 - 1071 rkm) izdvojen kao prelazna zona između Panonskog Dunava i tipičnog Đerdapskog Dunava, a po karakteristikama vodenih makroinvertebrata.

Površinom istraživanog područja obuhvaćeno je 324,5 km glavnog toka Dunava (1260 – 863,5 rkm) i plavno područje u nivou od 1082 do 1085 rkm uz levu obalu reke koje je zaštićeno u okviru Specijalnog rezervata prirode „Deliblatska peščara“ uvrštenog u Ramsarsko područje.

Poređenjem naših rezultata sa rezultatima drugih autora, koji su ispitivali limnofaunu kao i malakofaunu Dunava i drugih velikih evropskih reka, uočavamo izvesnu sličnost u sastavu i gustini populacija. Mekušci čine značajnu komponentu zajednice akvatičnih beskičmenjaka u ravničarskim rekama, i svoj najveći diverzitet postižu u zoni potamala u donjim rečnim tokovima (Mouthon, 1981). Tokom naših istraživanja zabeležili smo značajan procentualni udeo mekušaca u analiziranim rečnim zajednicama, što potvrđuju i ranija istraživanja Dunava, ali i sličnih reka u našoj zemlji (Paunović, 2004; Arambašić, 1994; Paunović i sar., 2008; Martinović-Vitanović i sar., 2006, 2008, 2013; Simonović i sar., 2010a; Tubić i sar., 2013), kao i u Evropi (Illies, 1978; Russev i sar., 1998; Moog, 1995, 2002; Moog et al. 2000; Bretschko and Schönbauer, 1998; Sinicyna i sar., 2004; Cioboiu, 2006). Heterogenost supstrata primarno utiče na sastav zajednica akvatičnih beskičmenjaka u velikim rekama (Uzunov i sar., 1998). U sedimentu u kome dominiraju najsitnije frakcije (mulj), na svim lokalitetima dominantne su bile zajednice Oligochaeta, dok u obalnom području dominiraju najčešće, u zavisnosti od heterogenosti podloge i obraštaja, predstavnici Crustacea i Mollusca.

Bujnu, razraslu vodenu vegetaciju srećemo u plavnoj zoni Dunava i ona bitno utiče na sastav i distribuciju faune akvatičnih beskičmenjaka. Staništa rečnog litorala sa obraštajem naseljavaju pored već pomenutih grupa (Oligochaeta, Mollusca, Crustacea) i fitofilne larve insekatske komponente potamobentosa. Najčešće su to larve Ephemeroptera, Trichoptera i Chironomidae. Na kamenitoj, najčešće i na delovima toka koji su regulisani, uobičajene su populacije *Dreissena polymorpha* kao i drugih vrsta ponto-kaspijskog porekla. Ova činjenica pokazuje uticaj veštačke podloge i regulisanja reka na širenje alohtonih organizama, o čemu će više reči biti u narednom tekstu.

U gornjem delu istraživanog toka reke (rečnoj zoni, 1260 – 1250 rkm) zabeležena je ujednačena gustina zajednica Oligochaeta (31,92%) i Bivalvia (31,66%), dok je udeo Gastropoda bilo ispod 5% ukupne brojnosti zajednice beskičmenjaka. Gustina insekatske komponente i Crustacea u analiziranoj zajednici pokazuje ujednačenost sa 15,36%, odnosno 14,96%. U prelaznoj zoni (1076 – 1192 rkm) ističu se dominantne Oligochaeta (49,01%), zatim subdominantne Crustacea (22%), potom Bivalvia (12,22%) i Gastropoda (5,38%). Jezersku zonu karakteriše najveći udeo Oligochaeta (55,57%) u zajednici makroinvertebrata, a subdominantne su Bivalvia

(9,65%) i Gastropoda (4,32%). U plavnoj zoni, kao specifičnom staništu koje se po mnogim ekološkim karakteristikama razlikuje od lokaliteta glavnog toka reke, zabeležen je najveći procentualni udeo fitofilnih insekatskih taksona (61,69%) u zajednici akvatičnih beskičmenjaka, zatim Gastropoda (15%) i Oligochaeta (14%).

Pre izgradnje brane Đerdap I (1960 – 1965. godine) na sektoru od 861 rkm do 1040 rkm Dunava, zabeležene su vrlo niske prosečne vrednosti brojnosti akvatičnih beskičmenjaka kao i njihove biomase (70 - 130 ind./m², odnosno 0,2 – 0,66 g/m²) (Nedeljković, 1979). Kao posledica izgradnje brane na Dunavu u prelaznoj i jezerskoj zoni, usled zamuljivanja obala i sedimentacije mulja u akumulacijama, dolazi do suprotnog efekta, odnosno povećava se brojnost i biomasa makroinvertebrata. Desetak godina posle izgradnje brana, u jezerskom delu gustina populacija i biomasa makrozoobentosa prosečno dostiže 35,000 ind./m², odnosno 50,0 g/m², što je bila posledica izgradnje brane (Martinović-Vitanović i sar., 2006). Najveća gustina analiziranih populacija tokom naših istraživanja, takođe je zabeležena u prelaznoj i jezerskoj zoni, na lokalitetima Smederevo (6792 ind/m²) i Veliko Gradište (4265 ind/m²).

Hidromorfološke promene nastale kao posledica pregrađivanja reke, uticale su i na distribuciju malakofaune, istraživanog područja Dunava. Gubitak biodiverziteta nije se odrazio na smanjenje gustine populacije i biomase. Naprotiv između 1971. i 1980. godine uočava se porast broja i biomase školjke *Dreissena polymorpha* i *Sphaerium rivicola* Lamarck, 1818, čija gustina dostiže 30.000 ind/m², a biomasa 2.500 gr/m², što je deset puta više od rezultata zabeleženih pre pregrađivanja (Brezeanu and Cioboiu, 2006). U istraživanjima sprovedenim u periodu od 1987. do 2003. godine, na području Dunava od 1260 do 863,5 rkm, zabeležena je tendencija opadanja broja reofilnih (preferiraju lotičke uslove sredine), a povećanje udela reotolerantnih tj. limno(reo)filnih taksona, koji preferiraju mirnije delove toka u mešovitim bentocenzama duž ispitivanog toka. To su najčešće bile pelofilne i eutrofne vrste: *Theodoxus danubialis*, *Theodoxus fluviatilis*, *Viviparus viviparus*, *Unio tumidus* i dr. U drugu ekološko-faunističku grupu reotolerantnih taksona spadaju vrste kao: *Bithynia tentaculata*, *Physella acuta*, *Unio pictorum*, *Sphaerium corneum* i dr. (Martinović-Vitanović i sar., 2006).

Gustina populacije slatkovodnih mekušaca na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 - 863,5 rkm) u našim istraživanjima, kretala se od minimalnih 37 ind/m² do maksimalnih 1279 ind/m², dok je ukupno zabeleženo 5376 individua u petogodišnjem periodu istraživanja. Zabeležen je 31 takson, 27 rodova i 13 familija u okviru dve klase razdela Mollusca: Bivalvia i Gastropoda. Grupa Bivalvia brojala je 12 taksona iz četiri familije, dva reda (Veneroida i Unionida) i dve potklase (Heterodonta i Paleoheterodonta). U grupi Gastropoda zabeležili smo 20 taksona iz devet familija, pet redova i dve potklase (Prosobranchia i Pulmonata). Najveći procenat, 92% od ukupnog broja zabeleženih taksona iz klase Bivalvia zabeležen je na lokalitetima prelazne zone, nešto manji procenat od 75% zabeležen je u jezerskoj zoni, dok je najmanja zastupljenost zabeleženih taksona uočena na lokalitetima rečne zone (41%). Posmatrajući raznovrsnost taksona iz klase Gastropoda na istraživanim lokalitetima Dunava, najmanji broj taksona uočen je u gornjem delu toka (10/20% taksona), dok je najveća raznovrsnost zabeležena u plavnoj zoni gde je nađeno 55% od ukupnog broja zabeleženih taksona. U srednjem delu toka Dunava, prelaznoj zoni, nađeno je 40% taksona, dok je u jezerskoj zoni zabeleženo prisustvo 45% od ukupnog broja zabeleženih taksona.

Broj vrsta po sektorima koji je zabeležen u prethodnim istraživanjima sličan je onom zabeleženom tokom našeg rada. U malakološkim istraživanjima Dunava (1260 – 863,5 rkm) koja su prethodila ovoj studiji, započetim 2003. godine, zabeleženo je ukupno 33 taksona slatkovodnih mekušaca, Bivalvia 15 i Gastropoda 18 taksona (Martinović-Vitanović i sar., 2013). U austrijskom delu Dunava konstatovano je prisustvo 23 vrste Gastropoda i 11 vrsta Bivalvia (Moog i sar., 2000), odnosno 47 taksona iz grupe Gastropoda i čak 59 taksona u okviru grupe Bivalvia 59 (Bretschko i Schönbauer, 1998). Sastav identifikovanih vrsta Gastropoda i Bivalvia u bugarskom delu Dunava (845 – 375 rkm) iznosi 28 vrsta Gastropoda i 16 vrsta Bivalvia (Russev i sar., 1998). U rumunskom delu Dunava opisano je 135 vrsta Gastropoda (Cioboiu, 2006). Značajno veći broj vrsta koji je zabeležen u rumunskom delu Dunava delom je posledica uticaja različitih faktora u delti, uticaja Crnog mora i brakične sredine, kao i široke plavne zone i barsko močvarnih ekosistema, što sve čini specifičan sklop staništa koji doprinosi visokoj biološkoj raznovrsnosti ovog područja. S druge strane, veliki broj taksona može biti i posledica taksonomskih nedoslednosti i pogrešne identifikacije.

Prema istraživanjima Paunović i sar. (2005) u delu toka Dunava uzvodno od Đerdapa, od 1085 rkm do 1076 rkm, utvrđeno je razdvajanje zabeleženih populacija prema različitim karakteristikama istraživanih delova reke. U navedenim istraživanjima obuhvaćeno je više lokaliteta u glavnom toku reke, kao i područje kanala DTD (Dunav-Tisa-Dunav) i plavna zona istraživanog dela reke.

Vrste sa različitim ekološkim zahtevima prisutne su u uzorcima duž celog istraživanog toka Dunava. Pored velikog stepena sličnosti bentocenoza četiri istraživane zone Dunava, uticaj tipa supstrata/staništa kao i fizičkih i hemijskih parametara vode/sedimenta na sastav i distribuciju malakofaune je primetan. Rečne školjke iz familije Unionidae, ostvaruju najuspešnije populacije na supstratu u kome dominiraju krupnije frakcije (Cooper, 1984). U našim istraživanjima Unionidae su prikupljene u zoni litorala, prelazne i jezerske zone rečnog toka. Njihova frekvencija pojavljivanja na istraživanim lokalitetima je varirala, od najređeg nalaza za vrstu *Unio crassus* ($F=0,08$) pa do frekventne vrste *Unio tumidus* ($F=0,75$). Za razliku od Unionidae, diverzitet vrsta roda *Pisidium* se povećava sa smanjenjem veličine čestica u supstratu i maksimalne gustine populacija beleže na supstratu bogatom veoma finim naslagama peska, gline i nanosa mulja (Mc Mahon, 1991). U našim istraživanjima zabeležili smo veoma malu frekvenciju pojavljivanja Pisidae na istraživanim lokalitetima ($F=0,08$).

Vrste iz familije Sphaeridae ostvaruju maksimalan diverzitet na podlozi sa česticama većih dimenzija (Mc Mahon, 1991), što odgovara i našim nalazima vrsta iz pomenute familije. Corbiculidae i Dreissenidae imaju mnogo šire opsege preferencije sedimenta i uspešno kolonizuju različita staništa, mada najuspešnije kolonizacije ostvaruju na čvrstim podlogama (Mc Mahon, 1991). Prednost u širini opsega preferencije tipa podloge i u našim istraživanjima doprinelo je pomenutim grupama da zabeleže maksimalne frekvence pojavljivanja (*Dreissena polymorpha* $F=0,92$; *Corbicula fluminea* $F=,83$ i *Dreissena r. bugensis* $F=0,75$). Generalno, najveći diverzitet Bivalvia ostvaren je u prelaznoj zoni reke, na mešovitom tipu supstrata (jedanaest taksona), zatim u jezerskoj zoni reke (osam taksona), dok je u rečnoj zoni zabeležen najmanji diverzitet od svega pet taksona. Obalni deo lokaliteta u plavnoj zoni je građena obala/betonski nasip gde dominiraju vodene makrofite i u tom području je zabeležen najveći diverzitet fitofilnih puževa iz reda Basommatophora (11 taksona). Širenje invazivne makrofite *Paspalum paspaloides* duž istraživanog područja plavne zone

Dunava, može dovesti do nestajanja autohtonih vrsta makrofita, što bi se indirektno odrazilo i na nestajanje populacija drugih organizama vezanih za autohtonu makrofitsku vegetaciju (Stevanović i sar., 2003, 2004). Za razliku od samih vodenih basena, kontaktne zone kopna i vode, tj. plićaci u blizini obala, zatim močvare, ritovi i močvarne šume, odlikuju se najobilnijom produkcijom na Zemlji. Tokom većeg dela godine, makrofite predstavljaju osnovnu produkcionu komponentu ekosistema, od koje, na različite načine, zavise mnogi akvatični organizmi (Brock i sar., 1983). Izražena morfološka diferencijacija različitih tipova makrofita obezbeđuje veliki diverzitet mikrostaništa za različite grupe životinja (Den Hartog, 1982). Slični rezultati zabeleženi su u plavnoj zoni reke Rajne (Obrdlik and Fuchs, 1991), kao i u donjem delu reke Bug u Poljskoj (Jurkiewicz-Karnkowska, 2014). Vrste iz roda *Viviparus* i *Bithynia*, kao i vrste *Theodoxus fluviatilis* ($F=0,75$) i *Lithoglyphus naticoides* ($F=0,83$) ostvaruju veliku frekventnost nalaza na istraživanim lokalitetima u glavnom toku reke, što korespondira sa nalazima u ravničarskoj reci Bug u Poljskoj (Jurkiewicz-Karnkowska, 2014).

Prema istraživanjima Martinović-Vitanović and Kalafatić (2001), saprobni status našeg dela Dunava odgovara mezosaprobnim uslovima (β -mezo- ka α -mezo-saprobnosti). Ovi rezultati odgovaraju podacima Damjanović and Vulić (2004), koji organsko opterećenje prate preko BPK_5 . Konstatuju da ono ima tendenciju porasta od Bezdana do Smedereva, a nizvodno od Smedereva do Radujevca ovaj trend je manje izražen. U proteklih desetak godina opšti trend vodi smanjenju zagađenja na ispitivanom području Dunava, osim u delovima neposredno nakon velikih gradova, kao što su Novi Sad i Beograd (Popović i sar., 2013). Naša istraživanja prate trend smanjenja zagađenja vode u glavnom delu toka reke, dok se u plavnoj zoni uočava nešto veći stepen zagađenja (BPK_5 iznosila čak $17,6 O_2$ mg/L, a kiseonični režim je bio nizak, svega $2,2 O_2$ mg/L) što je posledica zadržavanja vode unete iz glavnog toka reke, povećanja sedimentacije i velikog uspora toka. Neophodno je obezbediti redovniju komunikaciju izdvojenih plavnih zona sa glavnim tokom reke u zoni nasipa, da bi se voda obogatila nutritivnim, osvežio proces ispiranja sedimenta, a naročito da se uspori proces zarastanja, odnosno ublaži tendencija prelaska u terestrični ekosistem (Bulánková i sar., 2006).

Na osnovu rezultata dobijenih analizom Shannon-Wiener indeksa diverziteta za celu zajednicu makroinvertebrata, kvalitet vode Dunava (1260 – 863,5 rkm) svrstavamo

u granice II klase ekološkog statusa, dok na osnovu saprobiološke analize zaključujemo da je kvalitet vode na istraživanim lokalitetima Dunava varirao u opsegu od II do IV klase ekološkog statusa za analizirani tip vodotoka, a prema važećem Pravilniku („Službeni glasnik RS“, 74/2011) i Uredbi („Službeni glasnik RS“, 50/12).

Slatkovodni mekušci imaju ograničenu pokretljivost, stoga su dobri bioindikatori promena u njihovim staništima. Oni odražavaju abiotičko i biotičko stanje vodenih staništa, prezentujući efekat ekoloških promena na staništa, zajednice i ceo ekosistem (Lewin, 2014).

Odabirom najznačajnijih sredinskih faktora, FS analizom, za zajednicu malakofaune Dunava (1260 – 863,5 rkm) u periodu od 2007. do 2011. godine, CCA uočili smo da je prisustvo vrsta iz familije Dreissenidae pozitivno korelisano sa promenama ukupne tvrdoće vode, koncentracije Mg i pH vrednosti vode. Dreissenidae su manje tolerantne na niske pH vrednosti od drugih slatkovodnih školjki (Mc Mahon, 1991). Minimalna pH vrednost za adulte je 6,5, dok je za veliger larvu vrednost manja od 7,4 veoma nepovoljna (Claudi and Mackie, 1993). Analize su pokazale da i oscilacije u koncentraciji Cd, Hg i PAH u sedimentu utiču na Dreissenidae. Hemijsko zagađenje se smatra primarnim razlogom za smanjenje biodiverziteta u akvatičnim ekosistemima (Silk and Ciruna, 2004), što značajno utiče na slatkovodne školjke čiji je osnovni izvor hrane usvajanje čestica filtracijom vode, čime se koncentracije štetnih materija u njihovim tkivima znatno povećava. Smanjenje broja i opsega rasprostranjenja slatkovodnih mekušaca uglavnom je u vezi sa promenama fizičkih i hemijskih svojstava vode kao rezultat kontaminacije teškim metalima i organskim mikropolutantima, ili je rezultat eutrofikacije (Havlik and Marking, 1987; Naimo, 1995).

Načelno, povećanje organskog zagađenja i povećane koncentracije PAH dovode do smanjenja diverziteta bentosnih organizama (Arthur and Kauss, 2000). Pojedine vrste iz familije Unionidae pokazale su pozitivnu korelisanost sa prisustvom nitrita u vodi, što odgovara i nalazima u reci Wkra u Poljskoj, gde je pokazano da Unionidae tolerišu znatno veće koncentracije nitrita i nitrata u vodi nego što se to nekada smatralo (Lewin, 2014). Prema istraživanjima osam reka u Poljskoj, *Unio crassus* pokazuje veću preferenciju ka vodama sa blago povećanim koncentracijama azotnih jedinjenja (amonijum jon, nitriti i nitrati), kao i povećanim vrednostima BPK₅ (tj. povećanje organskog zagađenja) samim tim i višeg saprobnog indeksa (Hus i sar., 2006).

Biodiverzitet slatkovodnih ekosistema intenzivno se menja usled antropogenog pritiska putem prekookeanske biotičke razmene, tako da su vodena staništa pod uticajem relativno velikog broja alohtonih vrsta (Pyšek i sar., 2010), a one mogu biti unete više ili manje namerno. Unošenje alohtonih populacija može dovesti i do kompeticije u pogledu osnovnih životnih resursa, što može rezultirati potiskivanjem autohtonih populacija iz njihovih prirodnih staništa. Prodor introdukovanih i invazivnih vrsta u Evropske kontinentalne vode, uglavnom poreklom iz Istočne Azije, desio se pre oko 30-ak godina (Nedeljković, 1979; Lyashenko i sar., 2004; Ojaveer i sar., 2002; Sinicya i sar., 2004), a ista tendencija širenja određenih vrsta primećena je tokom ovih istraživanja. Kada govorimo o Srbiji, dokazano je da stopa introdukcije u pojedine biotope raste i oni su opisani kao pogodne recipijentske oblasti/biotopi (Zorić i sar., 2010). Invazivne vrste se smatraju jednim od najvećih faktora ugrožavanja biodiverziteta, odmah nakon uništavanja staništa, i najčešće poseduju veliki reproduktivni potencijal, izražene kompetitivne sposobnosti i veliku sposobnost adaptacije, što im omogućava da mnogo brže napreduju u novoj sredini u odnosu na native taksone. Za najveći broj alohtonih invazivnih vrsta najpogodnija su jako izmenjena i veštačka staništa. Umeren i visok nivo organskog zagađenja, intenzivni rečni saobraćaj i blizina invazionih koridora (putevi unošenja i ekspanzije invazivnih vrsta) takođe povećavaju stepen invazibilnosti područja. Na teritoriji Evrope postoje četiri invaziona koridora. Severni koridor povezuje Crno, Kaspijsko i Azovsko more, preko Volge, Dona i Neve sa Baltičkim i Belim morem, zatim Centralni koridor koji rekama Dnjeper i Bug spaja Crno i Severno more. Južni koridor, spaja Crno sa Severnim morem, preko Dunava, Rajne i Majne i predstavlja najznačajniji put za širenje alohtonih vrsta sa istoka na zapad (Bij de Vaate, 2002). Zapadni koridor preko Rajne i Rone spaja Mediteran sa Severnim morem. Dunav je jedna od najinteresantnijih oblasti za praćenje unosa i širenja akvatičnih alohtonih invazivnih vrsta, dok putevi širenja dalje idu njegovim glavnim pritokama Savom, Tisom i Moravom. Na osnovu dosadašnjih ispitivanja Dunava, Save i Tise, u vodotokovima Srbije registrovano je 19 alohtonih vrsta makroinvertebrata, koje su svrstane na crnu, belu i sivu listu u zavisnosti od stepena invazivnosti (Zorić i sar., 2010). Od ukupnog broja registrovanih vrsta, najveći broj pripada rakovima – redovima Amphipoda, Isopoda, Mysida i Decapoda (1 vrsta) i slatkovodnim školjkama – Bivalvia (5 vrsta). Dve vrste pripadaju klasi

Gastropoda po jedna iz Oligochaeta i Polychaeta (Vranković i sar., 2010; Simonović i sar., 2010b; Zorić i sar., 2010, 2011a, 2011b, 2013; Trichkova i sar., 2014)

Za dve vrste nađene u našim istraživanjima, smatra se da im je izvorno poreklo ponto-kaspijski region – *Dreissena polymorpha* i *Dreissena rostriformis bugensis*, dok se *Dreissena polymorpha* smatra i invazivnom vrstom. Alohodne vrste sa područja Istočne Azije su *Corbicula fluminea* i *Sinanodonta woodiana*, dok su vrste introdukovane iz Severne Amerike *Physella acuta* i *Ferrissia* sp. Nove vrste za faunu mekušaca Srbije zabeležene u ovim istraživanjima su: *Dreissena rostriformis bugensis* u klasi Bivalvia i *Ferrissia* sp., u klasi Gastropoda.

U delu toka Dunava kroz Mađarsku, invazivnim vrstama smatraju se *Corbicula fluminea* i *Dreissena polymorpha*, dok su kao retke vrste navedene *Pissidium amnicum* Müller, 1774, *Pisidium milium* Held, 1836, *Sphaerium rivicola* Lamarck, 1818 i *Sphaerium solidum* Normand, 1844 (Bódis i sar., 2006). *Corbicula fluminea* prvi put je zabeležena u Dunavu 1998 god. na 1126 rkm, nakon čega se registruje njena izražena frekventnost i brojnost (Paunović i sar., 2007). I u našim istraživanjima *Corbicula fluminea* beleži značajnu frekventnost na istraživanim lokalitetima, ali je i brojnost populacija bila značajna. Dodela statusa invazivne vrste za slatkovodne mekušce praćena je povećanjem brojnosti alohtone vrste koja se prati, kao i procene stepena uticaja na autohtonu populaciju, odnosno potiskivanja i nanošenja štete autohtonoj fauni. Distribucija invazivne vrste, azijske školjke *Corbicula fluminea* u vodama pirinejskog poluostrva praćena je dugi niz godina, od 80-ih godina kada je prvi put nađena i kasnije (Ayres, 2008; Pérez-Quintero, 2008). U Rajni je prvi put zabeležena 1990. godine, dok je vode švajcarske naselila 1995. godine preko kanala Huningue koji je povezan sa Rajnom (Schmidlin and Baur, 2007).

Ponto-kaspijska vrsta *Dreissena polymorpha*, brzo je proširila svoj areal rasprostranjenja od istočne do zapadne Evrope tokom IX i XX veka putem rečnih slivova povezanih veštački formiranim kanalima (Kinzelbach, 1992). Poslednjih godina nastavila je širenje velikim rekama zapadne Evrope. Nasuprot njoj, *Dreissena r. bugensis*, druga ponto-kaspijska školjka, sporije je širila areal rasprostranjenja (Molloy i sar., 2006). Širenje ponto-kaspijskih vrsta Evropom rezultat je povećanog rečnog saobraćaja omogućenog povezivanjem rečnih slivova izgradnjom veštačkih kanala (Tittizer, 1997; Tittizer and Banning, 2000; Orlova i sar., 2004). *Dreissena polymorpha*

je prva naselila vode Severne Amerike izazivajući značajne ekološke promene (Mills i sar., 1999). Pretpostavlja se da je širenju ove slatkovodne školjke doprinelo ispuštanje balastnih voda prekokeanskih brodova, u kojima su se nalazile jedinke u veliger stadijumu ili čak i adulti, a dobra adaptibilnost im je omogućila brzo širenje i kolonizaciju (Raković i sar., 2013). Našim nalazom i prethodnim nalazima drugih istraživača (Micu and Telebici, 2004; Popa and Popa, 2006; Hubenov and Trichkova, 2007; Velde and Platvoet, 2007; Molloy i sar., 2007) potvrđuje se da je koridor širenja ove dve abundantne ponto-kaspijske vrste Evropom, reka Dunav.

Kineska školjka, *Sinanodonta woodiana*, ostvarila je veliku brojnost veoma brzo nakon ulaska u naše vode, naročito na podlozi u kojoj dominiraju mulj i glina (Paunović i sar., 2006). Tokom naših istraživanja ostvaruje umerenu frekventnost ($F=0,42$). Smatra se da je uvođenje pomenute vrste u bliskoj vezi sa uvođenjem riba iz tzv. „kineskog kompleksa“ (*Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), *Carassius auratus gibelio* Bloch, 1783; *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844) i *Arstichthys nobilis* Richardson, 1844) 60-tih i 70-tih godina XX veka (Cakić and Hristić, 1987; Paunović i sar., 2006).

Severno američki pilepak, *Ferrissia* sp. nađen je na lokalitetu Dubovački rit u plavnoj zoni Dunava. Smatra se veoma tolerantnom vrstom na ekstremne sredinske uslove (Son, 2007) što odgovara mestu nalaza, jer su plavne zone reka pod velikim uticajem zagađenja, kao i temperaturnih kolebanja. Pretpostavlja se da osim antropogenog, veliki uticaj na introdukciju navedene vrste imaju i neke migratorne vrste ptica – pre svega gluvara (*Anas platyrhynchos*), barska šljuka (*Gallinago gallinago*) i barska kokica (*Gallinula chloropus*) (Raposeiro i sar., 2011). Navedene vrste ptica naseljavaju gusto obrasle obale jezera, bara i močvara (Puzović i Grubač, 1997; Simić i Puzović, 2008). Dubovački rit predstavlja stabilnu oazu za odmor i ishranu ptica selica u periodu jesenje seobe, kada se hrane uglavnom puževima i ribama, što smatramo vezom u procesu introdukcije navedene vrste.

Invazivnost je obično praćena upadljivim ekološkim promenama, ali ovaj proces se može odvijati i kriptički (Nalepa and Schoesser, 1993; Darrigran and de Drago, 2000). Kriptička invazivnost obično uključuje vrste koje su morfološki veoma slične drugim vrstama i mogu biti pogrešno opisane (Genner i sar., 2004). Shodno tome, fenotipski karakteri mogu biti indikativni, ali nisu u potpunosti pouzdani za razlikovanje

autohtonih od alohtonih populacija, pa je neophodno koristiti precizne molekularno-genetičke metode. Na osnovu rezultata dobijenih uz pomoć ovih metoda može se sa velikom tačnošću utvrditi autohtonost populacija (Marić i sar., 2006).

Imajući ovo u vidu, analizirali smo međusobne odnose zabeleženih vrsta *Basommatophora* na molekularnom nivou.

Dobijeni filogrami Bayesian analizom i ML metodom bili su slične topologije. Naime, jasno su se izdvojile očekivane haplogrupe, prema taksonomskoj podeli u tri familije: Planorbidae, Lymnaeidae i Physidae. Genetičke p-distance za 16S rDNK gen, između haplogrupa Physidae i Planorbidae kretale su se od 24% do 25%, između haplogrupa Physidae i Lymnaeidae 30%, dok je između haplogrupa Planorbidae i Lymnaeidae zabeležena najmanja genetička p-distanca 23%. Unutar haplogrupe Planorbidae, genetička distanca kretala se od 10% između *Ancylus fluviatilis* i *Ferrissia fragilis* do 22% između *Ancylus fluviatilis* i *Planorbarius corneus*, što govori o srodnosti među njima, kao što je dobijeno u istraživanju Morgan i sar., (2002). Unutar haplogrupe Lymnaeidae uočava se manja genetička distanca između haplotipova rodova *Radix* i *Lymnaea* (16%) u odnosu na haplotipove roda *Stagnicola* (19%; 20%). Dobijeni rezultati odgovaraju rezultatima Glöer and Meier-Brook (1998), kao i Bargues i sar. (2001). Haplogrupa Physidae odvaja se u zaseban klaster, analizom oba gena, prikazana ML i Bayesian filogramom. Unutar navedene haplogrupe, sekvence jedinki sa našeg područja istraživanja razdvojile su se u više haplotipova. Physidae karakteriše velika intraspezijska raznovrsnost (Journey, 2014), što odgovara i našim rezultatima, gde je zabeležena genetička distanca i do 5% za analizirani 16S rDNK gen.

Molekularne studije usmerene na istraživanje identiteta palearktičkih vrsta roda *Ferrissia* sugerišu da jedinke velikog broja populacija u Evropi i Aziji pokazuju najveću srodnost sa severno-američkom vrstom *Ferrissia fragilis*, ali nema dokaza o postojanju autohtonih rodova, ili do danas nisu pronađeni na istraživanom području (Marrone i sar., 2014). Na području neoarktika rod *Ferrissia* obuhvata pet autohtonih vrsta (*F. rivularis*, *F. fragilis*, *F. parallel*, *F. walkeri* i *F. mcneilli*), ali samo dve imaju široku distribuciju (*F. rivularis* i *F. fragilis*), dok je taksonomski status palearktičkih vrsta roda *Ferrissia* u procesu identifikacije (Marrone, 2014). Tokom prošlog veka, slatkovodna malakofauna SAD-a doživela je veliki talas istrebljenja, usled degradacije rečnih slivova intezivnom industrijalizacijom, samo 2% (< 100.00 km) sliva je visokog

kvaliteta, odnosno 5.200.00 km slobodnog toka je ostalo nepromenjeno (Benke, 1990). Nakon tog saznanja, osnovano je Društvo za zaštitu slatkovodnih mekušaca (Freshwater Mollusk Conservation Society), ali rad društva zasnovan je uglavnom na „glavnim“ grupama malakofaune. Istraživanja na heterogenoj zajednici Basommatophora su aktuelna, ali u literaturnim podacima ipak nedostaju precizniji opisi do nivoa vrste, pa su podaci bazirani na opisu potfamilija (Basch, 1959; 1963). Ono što doprinosi nedostatku podataka, jeste izražena ekoplastičnost morfologije ljušture među različitim vrstama prilepaka, ali i postojanje kriptičnih vrsta (Walther, 2006a, 2006b, 2006c).

Topologija dobijenih stabala u našim istraživanjima za COI i 16S rDNK naglašava molekularnu homogenost evropskih haplotipova sa severno-američkim haplotipovima *F. fragilis*, čime se obezbeđuje jedan od dokaza o prisustvu ove invazivne vrste na području Evrope. Detaljnim molekularnim analizama populacija vrsta *Ferrissia* sp. zapadnog palearktika omogućilo bi otkrivanje puta kolonizacije kripto-invazivne severnoameričke vrste, a do tada se smatra da je put širenja *F. fragilis* Evroazijom potekao od jedne native populacije iz Severne Amerike, zahvaljujući kombinaciji aktivno/pasivnog širenja sa antropogenim pritiskom (Marrone, 2014, Raković i sar., 2014).

Druga severno američka vrsta *Physella acuta*, alohtona za vode Dunava, danas ima kosmopolitsko rasprostranjenje (Dillon i sar., 2002; Wethington and Lydeard, 2007). Smatramo da je na proces introdukcije, osim antropogenog, veliki uticaj imalo i prisustvo močvarnih ptica zabeleženih na području Dubovačkog rita gde je i nađena. Postoje usmeni dokazi o širenju ove vrste uz pomoć ptica močvarica (Roscoe, 1955; Malone, 1965). Molekularnim analizama pokazano je da se haplotipovi *Physella acuta* iz našeg područja istraživanja i haplotipovi native populacije iz Severne Amerike grupišu tako da jasno prikazuju međusobnu srodnost, dok mali postotak divergencije na stablu, govori o bliskosti jedinki.

Rezultati analize povezanosti haplotipova alohtone vrste *Physella acuta*, za naše područje istraživanja sa haplotipovima iz SAD kao native populacije pokazuju razlike od četiri do 25 bp. Naše individue takođe pokazuju značajno razdvajanje ovom analizom, podeljene u udaljene haplotipove govore nam o velikim intraspecijskim razlikama. Sekvence su bile dužine oko 400 bp, što nam u ovom slučaju govori o razlici od 1% do 5% za analizirani 16S rDNK gen, tako da zabeležene razlike za analizirani

gen odgovaraju nivou genetske diferencijacije od 6% za nominalnu vrstu (Wethington and Guralnick, 2004). U nativnoj severno-američkoj populaciji postoji nekoliko vrsta roda *Physella* i razlike u sekvencama na 16S rDNK genu iznose 8,5%-12,6% na 446 bp, odnosno čak 14,7%-17,1% sekvence duge 600bp za COI između vrsta (Wethington and Dillon, 2009). U okviru vrste, razlika u bp, odnosno postotak razlike u sekvencama kretao se od 7% za 16S rDNK do 13% za COI, a obe vrednosti zabeležene su kod jedinki poreklom iz prilično dalekih populacija (Wethington and Dillon, 2009). Ovako velika genetička raznovrsnost u nativnoj populaciji nam otežava izvođenje zaključaka o preciznijem poreklu alohtone vrste. Velika genetička raznovrsnost vrste *Physella acuta* sigurno je doprinela njenoj kosmopolitskoj distribuciji. Teorija populacione genetike i predviđa da je velika genetička raznovrsnost alohtonih populacija veoma zaslužna za uspeh u uspostavljanju, održavanju i disperziji u nova staništa (Hartl and Clark, 1989).

U cilju utvrđivanja genetičkih razlika unutar analiziranih populacija za autohtonu vrstu *Planorbarius corneus*, analizirali smo povezanost haplotipova individua sa našeg područja istraživanja i individue sa područja Danske (dostupnih u banci gena) na 16S rDNK genu. Analiza je zasnovana na broju promena u baznim parovima između haplotipova. Utvrdili smo da među analiziranim jedinkama ne postoji veliki genetički diverzitet unutar naše populacije, kao ni poređenjem sa populacijom iz Danske. Genetička distanca između haplotipova iz naše populacije i Danskog haplotipa iznosila je od 0,2% do 0,6% za analizirani gen, 16S rDNK. Ovo su preliminarni rezultati vezani za navedenu autohtonu vrstu i ne postoje detaljnija istraživanja o njoj sa kojima bi mogli uporediti naše rezultate. Navedena vrsta uglavnom je korišćena kao spoljna grupa u filogenetskim ili filogeografskim analizama srodnih taskona, tako da bi taksonomski i filogenetski status ovog roda trebalo detaljnije analizirati (Albrecht i sar., 2007).

6. ZAKLJUČCI

Našim istraživanjima potvrđeno je da su mekušci jedna od najznačajnijih komponenti vodenih ekosistema istraživanog sektora Dunava, uključujući i staništa trajno poplavljene zone Dubovačkog rita.

Zabeleženo je 32 vrste iz 28 rodova i 13 familija u okviru dve klase Mollusca – Bivalvia (12 taskona) i Gastropoda (20 taskona). Najveća zastupljenost zajednice Bivalvia uočena je u donjim delovima toka (prelazna i jezerska zona). Plavna zona predstavlja centar diverziteta, naročito fitofilnih vrsta Gastropoda.

Hidrotehnički inženjering, zaštita od poplava i regulacija rečnog korita su glavni pokretači hidromorfoloških promena Dunava. Izgradnjom brana došlo je do složenih izmena hidroloških uslova i smanjenja brzine vode u regionu akumulacije, što je uslovalo intenzivnu sedimentaciju, kao i promene u organo-mineralnom sastavu sedimenta. Hidrološke i hidromorfološke promene uticale su na smanjenje plavne zone. Navedene promene utiču na sastav i strukturu životnih zajednica.

Analizom zabeleženih tipova podloge u istraživanom toku reke, zaključeno je da se udeo krupnijih frakcija u supstratu smanjuje duž toka i da u zoni akumulacija dominira prisustvo najsitnijih frakcija (mulj). Plavnu zonu diferencira prisustvo makrofitske vegetacije koja dominira staništem. Analiza podloge u skladu je sa procentualnim udelom zastupljenosti mekušaca kroz zone reke, prema njihovoj preferenciji ka određenom tipu podloge. Naime, najveći procenat litofilnih vrsta mekušaca (40%) naseljavao je rečnu zonu, dok se njihov procentualni udeo smanjivao duž toka. Vrste koje preferiraju mešoviti tip supstrata, najzastupljenije su bile na lokalitetima prelazne i jezerske zone, dok su fitofilne vrste sa najvećom procentualnom zastupljenošću zabeležene u plavnoj zoni (68,08%).

Slatkovodni mekušci odražavaju abiotičko i biotičko stanje vodenih staništa, prezentujući efekat ekoloških promena na staništa, zajednice i ceo ekosistem. Analizom zavisnosti malakofaune od fizičkih i hemijskih parametara kvaliteta vode zaključili smo da su promene u mineralnom sastavu (ukupna tvrdoća vode, Mg), kao i pH vrednost, najznačajnije uticale na zajednicu Bivalvia, naročito predstavnike familije Dreissenidae.

Predstavnici familije Unionidae najtolerantniji su na promene u koncentraciji nitrita u vodi, što potvrđuje njihovu preferenciju ka vodama sa blago povećanim koncentracijama azotnih jedinjenja. Kontaminacija sedimenta neorganskim i organskim mikropolutantima negativno utiče na zajednice akvatičnih mekušaca. Prema našim istraživanjima, povećane vrednosti organskih mikropolutanata (PAH) najznačajnije su uticale na neritidnog puža *Teodoxus fluviatilis*, dok su na vrste *Dreissena polymorpha* i *Lithoglyphus naticoides* najznačajnije uticale povećane vrednosti metala (Cd, Zn i Ni) u sedimentu.

Jasna zavisnost ispitivane zajednice slatkovodnih mekušaca od faktora okruženja potvrđuje njihovu značajnu bioindikatorsku ulogu. Akvatični mekušci imaju ograničenu pokretljivost što omogućava detektovanje promena u vodenom ekosistemu uzrokovanih uticajem negativnog faktora niskog inteziteta, ali dugoročnog dejstva.

Još jedan vid uticaja antropogenog pritiska na biodiverzitet slatkovodnih ekosistema izazvan je biotičkom razmenom. Vodena staništa su pod uticajem alohtonih vrsta, što dovodi do kompeticije u pogledu osnovnih životnih resursa, i potiskivanja autohtonih populacija iz njihovih prirodnih staništa. Zabeležene alohtone vrste mekušaca u Dunavu, introdukovane su iz ponto-kaspijskog regiona (*Dreissena polymorpha* i *Dreissena rostriformis bugensis*), Azije (*Corbicula fluminea* i *Sinanodonta woodiana*) i Severne Amerike (*Physella acuta* i *Ferrissia* sp.). Nove vrste za faunu mekušaca Srbije zabeležene u ovim istraživanjima su: *Dreissena rostriformis bugensis*, u klasi Bivalvia i *Ferrissia* sp., u klasi Gastropoda.

Širenje ponto-kaspijskih vrsta Evropom rezultat je većeg broja faktora, a jedan od najznačajnijih je intenzivna navigacija i povezivanje rečnih slivova izgradnjom veštačkih kanala. Pretpostavlja se da je širenju *Dreissene rostriformis bugensis* i *Dreissena polymorpha*, doprinelo ispuštanje balasnih voda prekookeanskih brodova u kojima su se nalazile jedinke u veliger stadijumu, ili čak adulti, a dobra adaptibilnost im je omogućila brzo širenje i kolonizaciju. Našim nalazom i prethodnim istraživanjima potvrđuje se da je koridor širenja ove dve abundantne ponto-kaspijske vrste reka Dunav.

Severno američki prilepak, *Ferrissia* sp. nađen je na lokalitetu Dubovački rit u plavnoj zoni Dunava. Pretpostavljamo da osim antropogenog, veliki uticaj na introdukciju navedenog roda imaju i migratorne vrste ptica, jer Dubovački rit predstavlja stabilnu oazu za odmor i ishranu ptica selica u periodu jesenje seobe, kada se hrane uglavnom puževima i ribama, što smatramo vezom u procesu introdukcije navedene vrste.

Molekularno-genetičke metode značajne su za istraživanja u oblasti invazivne biologije. To se ogleda u pouzdanijoj identifikaciji na nivou vrste u poređenju sa klasičnim metodama determinacije upotrebom taksonomskih identifikacionih parametara. Invazivne vrste često su fenotipski plastične, što nekada dovodi do teškog razlikovanja srodnih taksona upotrebom tradicionalnih identifikacionih karaktera (na pr. kod vrsta roda *Dreissena*). Značaj molekularno-genetičkih metoda posebno je izražen ako se analiziraju alohtoni taksoni na nivou nižem od vrste, ili ako se razmatraju alohtone populacije. Unos alohtonih populacija vrsta koje su native za područje takođe može imati negativne posledice po biološku raznovrsnost.

Molekularno-genetička istraživanja značajna su i za analizu puta unosa alohtonih vrsta, kao i razmatranje osobina koje utiču na nivo invazivnosti nekog taksona, što doprinosi povećanju mogućnosti predviđanja u invazivnoj biologiji.

Analize filogenetskih odnosa odabranih vrsta iz reda Basommatophora sa prostora Evrope, Azije i SAD, urađene su na osnovu 54 sekvenci (16s rDNA i COI). Filogrami dobijeni Bayesian analizom i ML metodom, svojom topologijom, prikazuju jasno izdvojene, očekivane, haplogrupe. Genetička p-distanca za 16S rDNK gen, između haplogrupa Physidae i Planorbidae iznosila je 24% - 25%, Physidae i Lymnaeidae 30% i Planorbidae i Lymnaeidae 23%, podržavajući taksonomsku poddelu. Unutar haplogrupe Lymnaeidae uočili smo manju genetičku p-distancu između haplotipova rodova *Radix* i *Lymnaea* (16%) u odnosu na haplotipove roda *Stagnicola* (19%; 20%). Haplogrupa Physidae izdvaja se u zaseban klaster, analizom na oba gena. Unutar haplogrupe Planorbidae, na oba prikazana filograma (ML i Bayesian), uočili smo homogenost evropskih sa severno-američkim haplotipovima za vrstu *Ferrissia fragilis*,

što predstavlja još jednu od potvrda o prisustvu ove invazivne vrste na području Evrope. Detaljnim molekularnim analizama omogućilo bi se otkrivanje puta kolonizacije navedene kriptoinvazivne severnoameričke vrste.

Analizom haplotipova za autohtonu vrstu *Planorbarius corneus* zaključeno je da genetička distanca od 0,2% do 0,6% za analizirani gen, unutar naše populacije, kao i poređenjem sa populacijom iz Danske, opisuje malu intraspecijsku razliku.

Analizom povezanosti haplotipova za alohtonu vrstu *Physella acuta* za naše područje istraživanja, sa haplotipovima iz SAD (nativne populacije) uočili smo razlike od 4 do 25 baznih parova, odnosno 1% do 6,2% za analizirani 16S rDNK gen. Prikupljeni i analizirani uzorci ove vrste sa područja Srbije pokazuju značajnu genetičku varijabilnost i govore nam o velikim intraspecijskim genetičkim razlikama.

Ovim nalazom potvrđeno je da velika intraspecijska genetička varijabilnost, odnosno povećana ekološka plastičnost, predstavlja značajan karakter invazivnosti vrsta.

Ovim istraživanjima dat je doprinos poznavanju raznovrsnosti slatkovodnih mekušaca istraživnog dela toka Dunava sa aspekta genetičkog diverziteta, što predstavlja dobru polaznu osnovu za dalji rad.

7.LITERATURA

- Akaike H. (1974): A New Look at the Statistical Model Identification. IEEE transactions on automatic control, AC 6: 19.
- Albrecht C., Wilke, T., Kuhn, K. and Streit, B. (2004): Convergent evolution of shell shape in freshwater limpets: the African genus *Burnupia*. Zool. j. linn. soc. 140: 577-586.
- Albrecht C., Kuhn K. and Streit B. (2007): A molecular phylogeny of Planorboidea (Gastropoda: Pulmonata): insights from enhanced taxon sampling. Zoologica Scripta. 36: 27–39.
- AQEM (2002): Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive.
- Arambašić M. (1994): Composition and structure of molluscan fauna of the Yugoslav part of the Danube and Saprobity estimation. – In: Jankovic, D. & Jovicic, M. (eds.): The Danube in Yugoslavia – contamination, protection and exploitation: 124-130. Publs. Inst. for Biol. Research, Belgrade, Inst. for Development of Water Resources, "J. Cerni", Belgrade, Commission of EC. Brussels. 220 pp.
- Arthur A. and Kauss P. (2000): Sediment and benthic community assessment of the St. Marys River. Ontario Ministry of the Environment Report. 55 pp.
- Ayres C. (2008): A new record of Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in Galicia (Iberian Peninsula) . Ribeiras do Louro e Gandaras de Budiño wetland. Aquatic Invasions 3: 439-440.
- Babić Mladenović M. (2007): Režim nanosa Dunava. Zadužbina Andrejević. Beograd. 124 pp.
- Bargues M.D., Artigas P., Mera Sierra R.L., Pointier J.P., Mas-Coma S. (2007): Characterisation of *Lymnaea cubensis*, *L. viatrix* and *L. neotropica* n. sp., the main vectors of *Fasciola hepatica* in Latin America, by analysis of their ribosomal and mitochondrial DNA. Annals of Tropical Medicine and Parasitology. 101(7) :621-641.
- Basch P.F. (1959): The anatomy of *Laevapex fuscus*, a freshwater limpet (Gastropoda: Pulmonata). Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich. 108: 1-56.
- Basch P.F. (1963): A review of the recent freshwater limpet snails of the North America. Bull. Mus. Comp. Zool. 129: 399-461.

- Bauer G. (1988): Threats to the fresh water pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in central Europe. *Biological Conservation*. 45: 239–253.
- Benke A.C. (1990): A perspective on America's vanishing streams. *Journal of the North American Benthological Society*. 9: 77-88.
- Bij de Vaate A. and Hulea O. (2000): Range extension of the Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller 1774) in the River Danube: first record from Romania. *Lauterbornia* 38: 23-26.
- Bij de Vaate A., Jazdzewski K., Ketelaars H.A., Gollasch S., Van der Velde G. (2002): Geographical pattern in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Can. J. Aquat. Sci.* 59:1159-1174.
- Bódis E., Nosek J. and Oertel N. (2006): Mussel fauna (*Corbicul-idae*, *Dreissenidae*, *Sphaeriidae*) in the water-system of the Hungarian Danube, pp. 219–223. In: *Proceedings 36th Inter-national Conference of IAD, Austrian Committee, Danube research /IAD, Vienna*. 433 pp.
- Bole J. (1969): Ključi za določevanje živali. IV. Mehkužci – Mollusca. Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani. Društvo biologov Slovenije. Ljubljana. 115 pp.
- Bouchet P. (1991): Extinction and preservation of species in the tropical world. What future for Mollusks? *American Malacologists*. 20: 20-24.
- Bouckaert R., Heled J., Kühnert D., Vaughan T., Wu C-H., et al. (2014): BEAST 2: A Software Platform for Bayesian Evolutionary Analysis. *PLoS Comput Biol* 10(4): e1003537. doi:10.1371/journal.pcbi.1003537
- Brajković M. (2001). *Zoologija Invertebrata (I deo)*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd. 360 pp.
- Brandt R.A.M. (1974): The non-marine aquatic Mollusca of Thailand. *Arch. moll.* 105: 1-423.
- Bretschko G. and Schönbauer B. (1998): Quantitative sampling of the benthic fauna in a large, fast flowing river (Austrian Danube). *Arch. Hydrobiol. Suppl. (Large Rivers 11)*. 115: 195-211.
- Brezeanu G. and Cioboiu O. (2006): The ecological development of the Iron Gate I reservoir, pp. 224–229. In: *Proceedings 36 th International Conference of IAD, Austrian Committee, Danube research /IAD, Vienna*. 433 pp.

- Brinkhurst R. and Jamieson B. (1971): *Aquatic Oligochaeta of the World*. 1st ed. University of Toronto Press, Toronto. 860 pp.
- Brock T.C.M., Arts G.H.P., Goossen I.L.M., Rutenfrans A.H.M. (1983): Structure and annual biomass production of *Nymphoides peltata* (Gmel.) O. Kuntze (Menyanthaceae). *Aquatic Botany*. 17: 167-188.
- Bulánková E., Illyová M., Košel V., Krno I., Lisický M.J. and Šporka F. (2006): Hydrobiological monitoring. Hungarian-Slovak Environmental Monitoring on the Danube. 25-26 May 2006, Mosonmagyaróvár, Hungary.
- Burch J.B. (1982): North American freshwater snails. *Walkerana*. 1: 217-365.
- Burch J.B. (1988): North American freshwater snails. *Walkerana*. 2: 1-80.
- Burch J.B. and Tottenham, J.L. (1980): North American freshwater snails. *Walkerana*. 3: 82-215.
- Burch J.B. and Jung, Y.H. (1992): Freshwater snails of the University of Michigan Biological Station area. *Walkerana*. 6: 137-145.
- Burdett A., Fencel J. and Turner T. (2015): Evaluation of freshwater invertebrate sampling methods in a shallow aridland river (Rio Grande, New Mexico). *Aquat Biol* 23: 139–146.
- Cakić P. and Hristić Đ. (1987): The ichthyofauna of Pancevacki rit wetlands (Belgrade) with special reference to the allochthonous fish species. Belgrade, Serie B, Livre, Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle. 42: 103-118.
- Cioboiu O. (2006): Diversity of Gastropoda in the Romanian sector of the Danube lower hydrographic basin, pp. 230–235. In: Proceedings 36th International Conference of IAD, Austrian Committee, Danube research /IAD, Vienna. 433 pp.
- Claudi R. and Mackie G.L. (1993): Practical manual for zebra mussel monitoring and control. CRC Press. 240 pp.
- Clement M., Posada D. and Crandall K.A. (2000): TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Molecular Ecology*. 9: 1657–1659.
- Cooper C.M. (1984): The freshwater bivalves of Lake Chicot, an oxbow of the Mississippi in Arkansas. *The Nautilus*. 98(4):142-145.

- Csányi B. and Paunovic M. (2006): The Aquatic Macroinvertebrate Community of the River Danube between Klostenburg (1942 rkm) and Calafat – Vidin (795 rkm). *Acta Biol. Debr. Oecol. Hung* 14: pp. 91-106.
- Čejka T. and Horsák M. (2002): First records of *Theodoxus fluviatilis* and *Sphaerium solidum* (Mollusca) from Slovakia. *Biologia. Bratislava*. 57(5): 561-562.
- Damjanović M. and Vulić, D. (2004): Pollution balance of the Iron Gate reservoirs. *Limnological Reports IAD-SIL, Novi Sad*. 35: 237-242
- Darriba D., Taboada G.L., Doallo R., Posada D. (2012): jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nat Methods*. 772 pp.
- Darrigran G. and Ezcurra de Drago I. (2000): Invasion of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in America. *Nautilus*. 2: 69-74.
- Den Hartog C. (1982): Architecture of macrophyte-dominated aquatic communities. - In: Symoens, J.J., Hooper, S.S., Compare, P. (eds.), *Studies on Aquatic Vascular Plants*, Royal Botanical Society of Belgium, Brussels. 222-234 pp.
- Dillon R.T. Jr, Wethington A.R., Rhett J.M., Smith T.P. (2002): Populations of the European freshwater pulmonate *Physa acuta* are not reproductively isolated from the American *Physa heterostropha* or *Physa integra*. *Invertebr Biol*. 121: 226 - 234.
- Edington J. and Hildrew A. (1995): A revised key to the caseless caddis larvae of the British isles (with notes on their ecology), *Freshwater Biological Association*. 53: 1-173.
- Epler J. (2001): Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. A guide to the taxonomy of the midges of the southeastern United States, including Florida. Special Publication SJ2001-SP13. North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management District, Palatka, FL. 526 pp.
- Felsenstein J. (1985): Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution*. 39:783-791.
- Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. (1994): DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology & Biotechnology*. 3: 294 – 299.

- Frank K. (1987): Die Molluskenfauna des österreichischen Donautales. In: Arbeitstagung der IAD-SIL, Kurzreferate, Passau. 26: 354 – 358.
- Galindo L.A., Puillandre N., Strong E.E. and Bouchet P. (2014): Using microwaves to prepare gastropods for DNA barcoding. *Molecular Ecology Resources*. doi:10.1111/1755-0998.12231
- Genner M.J., Michel, E., Erpenbeck, D., De Voogd, N., Witte, F. and Pointier, J.P. (2004): Camouflaged invasion of Lake Malawi by an Oriental gastropod. *Mol. Ecol.* 13: 135-2141.
- Glöer P. (2002): Süßwasser gastropoden Nord-und Mitteleuropas: Bestimmungsschlüssel. Lebensweise. Verbreitung. Conch Books. Hackenheim. 73: 327.
- Glöer P. and Georgiev D.G. (2012): *Bithynia danubialis*, a new species from the Bulgarian Danube (Gastropoda: Rissooidea: Bithyniidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 58 (2): 193–197.
- Glöer P. and Meier-Brook C. (1998): Süßwassermollusken. Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland. 12 edition. Hamburg, Germany: Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung.
- Glöer P. and Meier-Brook C. (2003): Süßwassermollusken: Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland. DJN, Hamburg. 138 pp.
- Hammer Ø., Harper D., Ryan P. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1): 1-9.
- Hartl D.L. and Clark A.G. (1989): *Principles of Population Genetics*. Sinauer Associates Inc.: Sunderland, MA. 635 pp.
- Havlik M.E. and Marking L.L. (1987): Effects of Contaminants on Naiad Mollusks (Unionidae): A Review. *U.S. Fish Wildl. Serv. Publ.* 20: 164 pp.
- Holčík J., Bastl I., Ertl M. and Vranowsky M. (1981): Hydrobiology and ichthyology of the Czechoslovak Danube in relation to predicted changes after the construction of the Gabčíkovo-Nagymaros River Barrage System. *Práce lab. rybar. Hydrobiol.* 3: 19-158.
- Holmes S. (2003): Bootstrapping Phylogenetic Trees: Theory and Methods. *Statistical Science*. 18(2): 241-255.

- Hubenov Z. and Trichkova T. (2007): *Dreissena bugensis* (Mollusca: Bivalvia: Dreissenidae): New invasive species to the Bulgarian malacofauna. *Acta zoologica bulgarica*. 59: 203–209.
- Hubenov Z., Trichkova T., Kenderov L. and Kozuharov D. (2013): Distribution of *Corbicula fluminea* (Mollusca: Corbiculidae) over an Eleven-Year Period of its Invasion in Bulgaria. *Acta zool. bulg.* 65 (3): 315-326.
- Hus M., Śmiałek M., Zając K., Zając T. (2006): Occurrence of *Unio crassus* (Bivalvia, Unionidae) Depending on Water Chemistry in the Foreland of the Polish Carpathians. *Polish Journal of Environmental Studies*. 15(1): 69-172.
- Illies J. (1978): *Limnofauna Europea. A Checklist of the Animals Inhabiting European Inland Waters with Accounts of their Distribution and Ecology (except Porotzoa)*. G. Fischer Verl., Stuttgart/New York, Swets & Zeitlinger B.V., Amstredam. 533 pp.
- Jakovčev D. (1987): Die saprobiologische analyse der Donau im Belgrader Gebiet Anhand der Boden fauna. *Arbeitstagung der IAD, Passau*. 26: 529-531.
- Journey R. Nolan (2014): *Molecular characterization of the freshwater snail Physella acuta*. PhD Thesis, University of New Mexico. 454 pp.
- Jovanović B. (1985): Preliminarni popis puževa (Gastropoda, Mollusca) Avale. *Biosistematika*. 12 (1): 39–43.
- Jovanović B. (1990): Prilog poznavanju faune Gastropoda (Mollusca) Deliblatske pešcare. *Glasnik Prirodnjačkog muzeja, Beograd*. 45: 21–26.
- Jovanović B. (1992): Dosadašnja istraživanja faune Mollusca u Srbiji. *Glasnik Prirodnjačkog muzeja, Beograd*. 47: 265–279.
- Jovanović J.B. (1995a): Diverzitet puževa (Gastropoda, Mollusca) Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja. In: *Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja*. (Eds. Stevanović, V. and Vasić, V.), Beograd. 291-306 pp.
- Jovanović J.B. (1995b): Vodeni puževi (Gastropoda, Mollusca) područja Bora. *Zbornik radova Naša ekološka istina, III Naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine, Borsko jezero*. 337-341.
- Jurkiewicz-Karnkowska E. (2014): Sampling intensity in biodiversity assessment: malacofauna of selected floodplain water bodies. *Folia Malacologica*.

22(1): 21 – 30.

- Kalafatić V., Martinović-Vitanović V. and Tanasković M. (1989): Evaluation of the Danube water quality near Vinca village from water supply aspect. Internat. Conf. on Water Pollution Control in the Basin of the River Danube, Preconf. Proceedings., Novi Sad. 346-349.
- Karadžić B. (2013): FLORA: A Software Package for Statistical Analysis of Ecological Data. *Water Research and Management*. 3(1): 45-54.
- Karadžić B. and Marinković S. (2009): Kvantitativna ekologija. Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković", Beograd. 489 pp.
- Karaman J.B. (1999): Endemske vrste puževa (Mollusca, Gastropoda) istočnog dela Srbije, VII Naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine Ekološka istina, Zaječar, Zbornik saopštenja Ekološka istina. 170-174.
- Karaman J.B. (2000): Rasprostranjenje vrste *Bulgarica stolensis* (Pfeiffer 1859) (Gastropoda, Pulmonata, fam. Clausiliidae) u Srbiji, Jugoslavija, VIII Naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine Ekološka istina, Sokobanja, Zbornik saopštenja Ekološka istina. 442-445.
- Karaman J.B. (2001a): Prilog poznavanju slatkovodnih puževa (Gastropoda, Mollusca) u jugoslovenskom delu Dunava. IX Naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti prirodne sredine, Donji Milanovac, Zbornik radova Ekološka istina. 304-309.
- Karaman J.B. (2001b): Fauna Gastropoda (Mollusca) u plavnim zonama reke Tamiš (Srbija). Zbornik radova Zasavica, Sremska Mitrovica. 196-200.
- Karaman J.B. (2002): Rasprostranjenost vrste *Helicigona kollari* (Pfeiffer, 1856) (Gastropoda, Pulmonata, fam. Helicidae) u Srbiji, Jugoslavija, X Naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine Ekološka istina, Zbornik saopštenja Ekološka istina. Donji Milanovac. 25-28.
- Karaman J.B. (2003): Distribution of the species from the genus *Helix* L. 1758. (Gastropoda, Pulmonata, fam. Helicidae) in Serbia and Crna Gora (Montenegro), XI Naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine Ekološka istina, Zbornik saopštenja Ekološka istina, Donji Milanovac. 61-66.

- Karaman J.B. (2005): Fauna Gastropoda (Mollusca) sliva Južne Morave (Srbija i Crna Gora). Crnogorska Akademija nauka i umjetnosti, Glasnik odeljenja prirodnih nauka, Podgorica. 41- 49.
- Karaman J.B. (2006): Former investigations of the fauna of snails (Mollusca, Gastropoda) in Bosnia & Herzegovina. *Natura Montenegrina*. 5: 55-66.
- Karaman J.B. (2007): Gastropoda (Mollusca) of the special nature reserve Zasavica, Serbia. *Zbornik radova Zasavica 2007*, Sremska Mitrovica. 85-97.
- Karaman B. and Karaman G. (2007): Catalogus of the freshwater snails (Mollusca, Gastropoda) of Serbia. *Crnogorska Akademija Nauka i Umjetnosti, Glasnik Odeljenja prirodnih nauka, Podgorica*. 17: 167-222.
- Karaman B. i Živić I. (2001): Fauna Gastropoda (Mollusca) nekih fruškogorskih potoka (Vojvodina, Srbija). *Zbornik radova Zasavica 2001*, Sremska Mitrovica. 201 – 207.
- Killeen I., Aldridge D., Oliver G. (2004): *Freshwater Bivalves of Britain and Ireland*. FSC, AIDGAP Occasional Publication. 82: 1-114
- Kinzelbach R. (1992): The main features of the phylogeny and dispersal of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. In: Neumann D, Jenner HA (eds) *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha: Ecology, Biological Monitoring and First Applications in the Water Quality Management*, Gustav Fischer, New York, USA. 5–17.
- Korniushin A. (2004): A revision of some Asian and African freshwater clams assigned to *Corbicula fluminalis* (Müller, 1774) (Mollusca: Bivalvia: Corbiculidae), with review of anatomical characters and reproductive features based on museum collections. *Hydrobiologia*. 529: 251-270.
- Lellak J. (1980): Pakomárovití – Chironomidae, In: Rozkošný R. (Ed.) *Klíč vodních larev hmyzu*. (Identification key to aquatic larvae of insects), Academia Praha. 310 – 392.
- Lewin I. (2014): Mollusc communities of lowland rivers and oxbow lakes in agricultural areas with anthropogenically elevated nutrient concentration. *Folia Malacol*. 22(2): 87-159.

- Lyashenko A., Sinicyna, O. and Voloshkevich, E. V. (2004): Alien species within Ukrainian lower Danube's reaches – In: Limnological Reports IAD-SIL, Novi Sad. 35: 583-588.
- Malone C. (1965): Dispersal of aquatic gastropods via the intestinal tract of water birds. *Nautilus*. 78:135 – 139.
- Marić S., Sušnik S., Simonović P., Snoj A. (2006): Phylogeographic study of brown trout from Serbia, based on mitochondrial DNA control region analysis. *Genetics Selection Evolution*. 38: 411-430.
- Marković V. (2014): Morfološka varijabilnost i distribucija roda *Theodoxus* Montfort, 1810 (Neritomorpha, Gastropoda) u centralnom delu Balkanskog poluostrva i na južnom obodu Panonske nizije. Doktorska disertacija. 124 pp.
- Marković V., Tomović J., Ilić M., Kračun-Kolarević M., Novaković B., Paunović M., Nikolić V. (2014): Distribution of the species of *Theodoxus* Montfort, 1810 (Gastropoda: Neritidae) in Serbia: an Overview. *Acta zoologica Bulgarica*. 66 (4): 477 – 484.
- Marrone F., Murtada D. Naser, Gh. Yasser Amaal, F. Sacco and Arculeo M. (2014): First Record Of The North American Cryptic Invader *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863) (Mollusca: Gastropoda: Planorbidae) In The Middle East. *Zool. Middle East*, 60(1): 39-45.
- Martinović-Vitanović V. and Kalafatić V. (1987): Saprobiologische planktonuntersuchungen der wasserqualität der Donau im belgrader bereich, Jugoslawien. Arbeitstagung der IAD. Passau. 386-389.
- Martinović-Vitanović V. and Kalafatić V. (1988): Saprobiologische erforschungen der gute des Donauwassers in der umgebung von Beograd. Arbeitstagung der IAD, Mamaia. 199-203.
- Martinović-Vitanović V. and Kalafatić V. (1990): Classification of some Reservoirs in SR Serbia (SFR Yugoslavia) based on analysis of plankton species as indicators of trophic conditions. *Archiv für Hydrobiologie–BeiheftErgebnisse der Limnologie*. 33: 831-837.
- Martinović-Vitanović V. and Kalafatić V. (1994): Valorizacija kvaliteta vode glavnih sublakustričnih izvora Karučkog zaliva, Skadarsko jezero, kao potencijalnih

- mesta vodozahvata za regionalni vodovod crnogorskog primorja, Zbornik radova Zaštita voda. Igalo. 81-86.
- Martinović-Vitanović V. and Kalafatić V. (1995): Osnovne hidrobiološke karakteristike kopnenih voda Jugoslavije. 97-116. In: Stevanović V. and Vasić V. (eds): Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja. Biološki fakultet & Ekolibri Bionet. Beograd.
- Martinović-Vitanović V. and Kalafatić V. (2002a): Limnological investigation of the Danube River in Yugoslavia – Joint Investigation of the Danube River on the Territory of the FR Yugoslavia within the International JSD-ITR Program, 75 – 105. In: Publ. Rep. of Serbia, Ministry for Protection of Nat. Res. and Env. & Federal Hydrometeorol. Inst. Belgrade. 131 pp.
- Martinović-Vitanović V. and Kalafatić V. (2002b): Limnological investigations of the Tisa River in Yugoslavia – Joint Investigations of the Danube River on the Territory of the FR Yugoslavia within the International JSD-ITR Program, 29 – 52. In: Publ. Rep. of Serbia, Ministry for Protection of Nat. Res. and Env. and Federal Hydrometeorol. Inst. Belgrade. 53 pp.
- Martinović-Vitanović V. and Kalafatić V. (2009b): Ecological Impact on the Danube After NATO Air Strikes. Environmental Consequences of War and Aftermath. 253–282.
- Martinović-Vitanović V., Kalafatić V., Tanasković M. and Adjanski-Spasić Lj. (1997): Saprobiological Water Quality Investigations of the Danube in Belgrade Region during 1996. 32. Arbeitstagung der IAD. SIL. Wissenschaftliche referate. Wien. Austria. 409-414.
- Martinović-Vitanović V., Kalafatić V., Martinović J.M., Jakovčev D. and Paunović M., (1998a): Benthic fauna as an indicator of the Sava river water quality in Belgrade region. 1st Congress of ecologists of the Republic of Macedonia with international participation. Sept. 20-24. 1998. Abstract book. Ohrid. 111 pp.
- Martinović-Vitanović V., Kalafatić V., Martinović J.M., Paunović M. and Jakovčev D. (1998b): Saprobiological Analysis of Benthic Communities In the Danube in Belgrade Region. Abstract Book, 1st Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia with International Participation, 20-24.9.1998. Ohrid. 1: 10-111.

- Martinović-Vitanović V., Kalafatić V., Martinović J.M., Paunović M. and Jakovčev D. (1999a): Saprobiological analysis of benthic communities in the Danube in Belgrade region. 1st Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia with International Participation. Special issues of the Macedonian Ecological Society. Skopje. 5: 504-516.
- Martinović-Vitanović V., Kalafatić V. and Martinović J.M. (1999b): Saprobiological water quality investigations of the Danube in Belgrade region based on plankton analysis. In: Proc. of Ecologist of the Republic of Macedonia with International Participation, Ohrid, Special issues of the Macedonian Ecological Society 5. Skopje. 492–503.
- Martinović-Vitanović V., Jakovčev-Todorović D., Đikanović V., Paunović M. and Kalafatić V. (2003): Kvalitet vode Save u beogradskom regionu na osnovu saprobiološke analize planktona i faune dna u 2002. godini. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda. 32. konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Zbornik radova Zaštita voda. Zlatibor. 239-246.
- Martinović-Vitanović V., Jakovčev-Todorović D., Đikanović, V. and Kalafatić V. (2004): Water quality studies of the River Danube in Belgrade region based on benthic fauna saprobial analysis. In: Limnological Reports 35. IAD-SIL. Novi Sad. 289–295.
- Martinović-Vitanović V., Jakovčev-Todorović D. and Kalafatić V. (2006): Qualitative study of the bottom fauna of the River Danube (river kilometre 1433-845.6), with special emphasis on the oligochaetes. *Archiv für Hydrobiologie*. 427-452.
- Martinović-Vitanović V., Obradović S., Milankov M. and Kalafatić V. (2008): Bottom fauna of the Sava River (rkm 61.5–0.5) in Serbia. *Archiv für Hydrobiologie*. 209-241.
- Martinović-Vitanović V., Popović N., Ostojić S., Rakovic M. and Kalafatić V. (2009a): Spreading and Ecology of *Manayunkia caspica* Annenkova, 1929 (Polychaeta: Sabellidae) in Serbian Danube Stretch. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*. 137-160.

- Martinović-Vitanović V., Raković M., Popović N. and Kalafatić V. (2013): Qualitative study of Mollusca communities in the Serbian Danube stretch (river km 1260 – 863.4). *Biologia*. 68(1): 112-130.
- Maschwitz E. and Cook E. (2000): Revision of the Nearctic species of the genus *Polypedilum* Kieffer (Diptera: Chironomidae) in the subgenera *P.* (*Polypedilum*) Kieffer and *P.* (*Uresipedilum*) Oyewo and Saether. *Bulletin of the Ohio Biological Survey, New Series*, 12(3): 1-135.
- Mc Mahon R.F. (1991): Mollusca: Bivalvia. In: Thorp H.J. & Covich P.A. 1991. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, Inc.. San Diego & London. 315-399.
- Mc Mahon R.F. (2000): Invasive characteristics of freshwater bivalve *Corbicula fluminea*. In R. Claudi and J. Leach (Eds.), *Nonindigenous freshwater organisms: vectors, biology, and impacts* Boca Raton. Florida: Lewis Publishers. 315-343.
- Mc Mahon R. F. (2002): Evolutionary and physiological adaptations of aquatic invasive animals: r selection versus resistance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 59: 1235-1244.
- Mc Cartney M.P., Sullivan C. and Acreman M.C. (2000): Ecosystem Impacts of Large Dams. In: Berkamp G., Mc Cartney M., Dugan P., McNeely J. & Acreman M.C. (eds.), *Dams, ecosystem functions and environmental restoration*, Thematic Review II.1 prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town. www.dams.org (Accessed 09.01.2003)
- Micu D. and Telembici A. (2004): First record of *Dreissena bugensis* (Andrusov 1897) from the Romanian stretch of River Danube. In: *Abstracts of the International Symposium of Malacology, Sibiu, Romania*. August 19–22.
- Mills E.L., Chrisman J.R., Baldwin B., Owens R.W., O'Gorman R., Howell T., Roseman E.F. and Raths M.K. (1999): Changes in the dresenid community in the Lower Great Lakes with emphasis on Southern Lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research*. 25(1):187-197.
- Molloy DP, Bij de Vaata A., Wilke T., Giamberini L. (2007): Discovery of *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov 1897) in Western Europe. *Biological Invasions*. 9: 871–874.

- Moog O. (Ed.) (1995): Fauna Aquatica Austriaca – a comprehensive species inventory of Austrian aquatic organisms with ecological data. Second edition 2002. Wasserwirtschaftskataster. Bundesministerium für Landund Forstwirtschaft. Wien.
- Moog O., Brunner, S., Humpesch, U.H. and Schmidt - Kloiber, A. (2000): The distribution of benthic invertebrates along the Austrian stretch of the River Danube and its relevance as an indicator of zoogeographical and water quality patterns. Part 2.. Archiv für Hydrobiologie. 115: 473-509.
- Moorkens E. A. and Killeen I.J. (2009): Database of association with habitat and environmental variables for non-shelled slugs and bivalves of Britain and Ireland. Irish Wildlife Manuals. 41 pp.
- Morga T., DeJong R.J., Jung Y., Khallaayoune K., Kock S., Mkoji G.M. and Loker E.S. (2002): A phylogeny of planorbid snails, with implications for the evolution of Schistosoma parasites. Molecular Phylogenetics and Evolution. 25: 477–488.
- Mouthon J. (1981): Les mollusques et la pollution des eaux douces: ébauche d'une gamme de polluosensibilité des espèces Bij Dierkd. 51: 250–258.
- Naimo T.J. (1995): A review of the effects of heavy metals on freshwater mussels. Ecotoxicology. 4: 341.
- Nalepa T. and Schloesser W. (1993): Zebra mussels: biology, impacts, and control. Lewis Publisher. Boca Raton. 508 pp.
- Nedeljković R. (1967): Das Zoobenthos der Donau-Jugoslawien. Limnologie der Donau. Liepolt, R. (ed.). Stuttgart. 247-251.
- Nedeljković R. (1978): Einfluss der Anschwemmungen des Pek-Flusses auf die Bodenfauna der Donau. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie. 20: 1531 - 1535.
- Nedeljković R. (1979): Zoobentos Dunava u godinama posle izgradnje brane u Đerdapu. Kongres ekologa Jugoslavije (II). Zagreb. 1881 - 1888.
- Nichersu I., Florentina S., Eugenia M., Marian M., Cristian T. (2010): Danube river's morphology and revitalization. Institutul National de Cercetare-Dezvoltare Pentru Protectia Mediului. The service contract - studies development 414 pp.

- Nilsson N. (1996a): Aquatic insects of North Europe. A taxonomic handbook. Vol 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera and Lepidoptera. Apollo Books, Stenstrup. 274 pp.
- Nilsson N. (1996b): Aquatic insects of North Europe. A taxonomic handbook. Vol 2: Odonata, Diptera. Apollo Books, Stenstrup. 440 pp.
- Obrdlik P. and Fuchs U. (1991): Surface water connection and the macrozoobenthos of two types of floodplains on the upper Rhine. Regul. Rivers. 6: 279 - 288.
- Ojaveer H., Leppakoski E., Olenin, S. and Ricciardi A. (2002): Ecological Impact of Ponto-Caspian Invaders in the Baltic Sea, European Inland Waters and the Great Lakes: An Inter-Ecosystem Comparison. – In: Leppakoski, E., Gollaschand, S. and Olenin, S. (eds.): Invasive Kluwer Sci. Publ., Dordrecht, The Netherlands et al. 2002, Aquatic Species of Europe: Distribution, Impact and Management: 412 - 425.
- Orlova M.I., Muirhead J., Antonov P.I., Shcherbina G.K., Starobogatov I., Biochino G.I., Therriault T.W., MacIsaac H.J. (2004): Range expansion of quagga mussels *Dreissena rostriformis bugensis* in the Volga River and Caspian Sea basin. Aquatic Ecology 38: 561-573.
- Oťahel'ová H. (2004): Multifunctional Integrated Study: Danube Corridor and Catchment (MIDCC). MIDCC Macrophyte Inventor y Danube/Corridor and Catchmentbm:bwkGZ45.512/1-VI/B/7a/VIII/B/8a), Partner Report Slovakia
- Palumbi S.R., Martin A.P., Romano S.L., McMillan W.O., Stice L., Grabowski G. (1991): The Simple Fool's Guide to PCR. Dept. Of Zoology, University of Hawaii, Honolulu.
- Paunović M. (2004): Qualitative composition of the macroinvertebrate communities in the Serbian sector of the Sava River. International Association for Danube Research. 35: 349-354.
- Paunović M., Simić V., Jakovčev-Todorović D. and Stojanović B. (2005): Results on macroinvertebrate community investigation in the Danube River in the sector upstream the Iron Gate (1083-1071 km). Archives of Biological Science. 57: 57-63.

- Paunović M., Csányi B., Simić V., Stojanović B. and Cakić P. (2006): Distribution of *Anodonta* (*Sinanodonta*) *woodiana* (Rea, 1834) in inland waters of Serbia. *Aquatic Invasions*. 1: 154-160.
- Paunović M., Jakovčev-Todorović D., Simić V., Stojanović B. and Cakić P. (2007a): Macroinvertebrates along the Serbian section of the Danube River (stream km 1429-925). *Biologia. Bratislava*. 62: 1-9.
- Paunović M., Csányi B., Knežević S., Simić V., Nenadić D., Jakovčev-Todorović D., Stojanović B., and Cakić P. (2007b): Distribution of Asian clams *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) and *C. fluminalis* (Müller, 1774) in Serbia. *Aquatic Invasions*. 2: 105-112.
- Pavlović P.S. (1907): Priložak za poznavanje gastropodske faune u Srbiji. *Zapisi srpskog geološkog društva*. 5: 1-6.
- Pavlović P.S. (1909): Razmatranja o vrsti *Helicogena lucorum* L. s poglavitim obzirom na njenu pojavu i rasprostranjenost u Staroj Srbiji i Makedoniji. *Srpska Akademija nauka. Beograd*. 77: 105-126.
- Pavlović P.S. (1911): Prilozi poznavanju mekušaca iz Stare Srbije i Makedonije. *Glas Srpske kraljevske Akademije*. 85: 51-108.
- Pavlović P.S. (1912): Mekušci iz Srbije. I. Suvozemni puževi. *Srpska kraljevska akademija, Beograd*, 140 pp.
- Pérez-Quintero C. J. (2008): Revision of the distribution of *Corbicula fluminea* (Müller 1774) in the Iberian Peninsula. *Aquatic Invasions*. 3: 355-358.
- Pescador M., Rasmussen K., Harris C. (1995): Identification manual for the caddisfly (*Trichoptera*) larvae of Florida. State of Florida, Department of Environmental Protection, Division of Water Facilities, Tallahassee. 132 pp.
- Petrović G. (1971): Übersicht der wasserchemischen und physikalischen Untersuchungen der jugoslawischen Donaustrecke. *Archives of Biological Science*. 23: 65-71.
- Petrović G. (1973): Der wasserchemischen Zustand der jugoslawischen Donaustrecke bei Beograd. *Archiv für Hydrobiologie*. 258-261.
- Petrović G. (1975): Auswirkung der Stauanlage auf den Wasserhaushalt des Stauraumes Djerdap. *Archiv für Hydrobiologie*. 5: 381-391.

- Petrović G. (1978): Hydrochemische Untersuchungen im Stauraum Djerdap. Archiv für Hydrobiologie. 6: 312–322.
- Pfleger V. (1999): A field guide in colour to Molluscs. Blitz Editions. Leicester. UK. 216 pp.
- Popa O.P. and Popa L.O. (2006): The most westward European occurrence point for *Dreissena bugensis* (Andrusov 1897). Malacol. Bohemosl. 5: 3 - 5.
- Popa O.P., Kelemen B.S., Murariu D. and Popa L.O. (2007): New records of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) from Eastern Romania. Aquatic Invasions. 2 (3): 265-267.
- Popović N. Z., Jovanović V. M., Raković M. J., Kalafatić V. I., Martinović-Vitanović V. M. (2013): Bottom fauna qualitative study of the Danube River in Belgrade region. Acta zoologica bulgarica. 65(3): 505 - 516.
- Puzović S. and Grubač B. (1997): Important bird areas in Serbia. Zavod za zaštitu prirode Srbije i BirdLife International. Elaborat. Novi Sad-Cambridge. 500 pp.
- Puzović S. and Grubač B. (2000): Federal Republic of Yugoslavia. In: Heath, M.F., Evans, M.I. (eds.), Important Bird Areas in Europe: Priority sites for conservation. Southern Europe. 2: 725 - 745.
- Pyšek P., Bacher S., Chytrý M., Jarošík V., Wild J., Celesti-Grapow L., Gassó N., Kenis M., Lambdon P.W., Nentwig W., Pergl J., Roques A., Sádlo J., Solarz W., Vilà M. and Hulme P.E. (2010): Contrasting patterns in the invasions of European terrestrial and freshwater habitats by alien plants, insects and vertebrates. Global Ecol. Biogeogr. 19:317 - 33.
- Radoman P. (1973): New classification of fresh and brackish water Prosobranchia from the Balkans and Asia Minor. Prirodnjački muzej. Beograd. 32 pp.
- Radoman P. (1976): Speciation within the family Bythinellidae on the Balkans and Asia Minor. Zeitschrift für zoologische systematik und evolutionsforschung. 14: 130 - 152.
- Radoman P. (1977): Hydrobiidae auf der Balkanhalbinsel und Kleinasien. Archiv für Molluskenkunde. 107: 203 - 223.
- Radoman P. (1978): Neue Vertreter die Gruppe Hydrobioidea von der Balkanhalbinsel. Archiv für Molluskenkunde. 109: 27 - 44.

- Raković M., Popović N., Kalafatić V., Martinović-Vitanović V. (2013): Spreading of *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov 1897) in the Danube River (Serbia). *Acta zoologica bulgarica*. 65(3): 349 - 357.
- Raković M., Popović N., Đuknić J., Đikanović Đ., Atanacković A., Paunović M. (2014): Primenjivost molekularnih metoda u identifikaciji vrsta slatkovodnih ekosistema. 43. konferencija o korišćenju i zaštiti voda. Voda 2014. Tara. 3. - 5. jun 2014. godine.
- Raposeiro P.M., Costa Ana C. and Martins A. F. (2011): On the presence, distribution and habitat of the alien freshwater snail *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863) (Gastropoda: Planorbidae) in the oceanic islands of the Azores. *Aquatic Invasions*. Volume 6. Supplement 1: S13 – S17 p.
- Reinartz R. (2002): Sturgeons in the Danube River. Biology, status, conservation. Literature study. International Association for Danube Research (IAD), Bezirk Oberpfalz, Landesfischereiverband Bayern. 150 pp.
- Roscoe E. (1955): Aquatic snails found attached to feathers of white-faced glossy ibis. *The Wilson Bulletin*. 67: 66.
- Rusev B., Petrova A., Janeva I. And Andreev S. (1998): Diversity of Zooplankton and Zoobenthos in the Danube River, Its Tributaries, and Adjacent Water Bodies. In: *Bulgaria's Biological Diversity: Conservation Status and Needs Assessment*, Vol. I and II, Biodiversity Support Program, Curt Meine, Washington, D.C. 261-292.
- Schmidlin S and Baur B. (2007): Distribution and substrate preference of the invasive clam *Corbicula fluminea* in the river Rhine in the Region of Basel (Switzerland, Germany, France). *Aquatic Sciences*. 69: 153 - 161.
- Seddon B.M. (2000): Molluscan diversity and impact of large dams. Prepared for thematic review II.1: Dams, ecosystem functions and environmental restoration. IUCN Report. 42 pp.
- Silk N. and Ciruna K. (2004): *A Practitioner's Guide to Freshwater Biodiversity Conservation*. The Nature Conservancy: Boulder. Colorado. 420 pp.
- Simić V. and Simić S. (2004): Macroinvertebrates and fishes in the part of the Danube river flowing through the Iron Gate National Park and possibilities of their

- protection under in situ and ex situ conditions. Archives of Biological Science. 56: 53 - 57.
- Simić D. and Puzović S. (2008): Ptice Srbije i područja od međunarodnog značaja. Liga za ornitološku akciju Srbije. Beograd. 48 pp.
- Simić S., Ostojić A., Simić V. and Janković D. (1997): Promene u strukturi planktona i bentosa na delu toka Dunava od Velikog Gradišta do Prahova tokom letnjeg aspekta. Ekologija. 32: 65 – 80.
- Simonović P., Valković B. and Paunović M. (1998): Round goby *Neogobius melanostomus*, a new Ponto-Caspian element for Yugoslavia. Folia Zoologica. Brno. 47: 305 - 312.
- Simonović P., Paunović M. and Popović S. (2001): Morphology, feeding and reproduction of the round goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas), in the Danube River basin. Yugoslavia. Journal of Great Lakes Research. 27: 281 - 289.
- Simonović P., Simić V., Simić S. and Paunović M. (2010a): (Eds.). The Danube in Serbia (Дунав кроз Србију). Beograd - Kragujevac: Republic of Serbia, Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management, University of Belgrade, Institute for Biological Research "Siniša Stanković", Belgrade & University of Kragujevac, Faculty of Science. 331 pp.
- Simonović P., Nikolić V., Zorić K. and Tubić B. (2010b): Influence of invasive alien species to the ecological status of the Danube River and its main tributaries in Serbia after terms of the EU Water Framework Directive, In: Danube in Serbia – Joint Danube Survey 2 (Eds. M. Paunović, P. Simonović, V. Simić and S. Simić). 281 - 301.
- Sinicyna O., Kraszewski A. and Lyashenko A. (2004): Morphological variability in the shells of the mussel *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) from the Danube Delta and lakes in central Poland. In: Limnological Reports 35. IAD-SIL. Novi Sad. 589 - 592.
- Skorić S., Višnjić-Jeftić Ž., Jarić I., Đikanović V., Mićković B., Nikčević M., Lenhardt M. (2012): Accumulation of 20 elements in great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) and its main prey, common carp (*Cyprinus carpio*) and Prussian carp (*Carassius gibelio*). Ecotoxicology and Environmental Safety. 80(1): 244-251.

- Sladeček V. and Košel V. (1984): Indicator value of freshwater leeches (Hirudinea) with a key to the determination of European species. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* 12: 451 - 461.
- Službeni glasnik RS (3/2002): Uredba o zaštiti Specijalnog rezervata prirode Deliblatska peščara.
- Službeni glasnik RS (50/2012): Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje.
- Službeni glasnik RS (74/2011): Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda.
- Son M.O. (2007): Invasive mollusks (Mollusca, Bivalvia, Gastropoda) in the Danube Delta. *Vestnik Zoologii*. 41(3): 213-218.
- Sommerwerk N., Baumgartner C., Bloesch J., Hein T., Ostojić A., Paunović, M., Schneider-Jakoby M., Siber R. and Tockner K. (2009): The Danube River Basin, Part 3. In: *Rivers of Europe* (Eds. Tockner, K., Uehlinger, U. and Robinson, C.T.). Academic Press. 51 pp.
- Sousa R., Antunes C. & Guilhermino L. (2008): Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *Ann. Limnol. Int. J. Limnol.* 44: 85 - 94.
- Stevanović V. (2005): IPAs in Serbia. In: Anderson, S., Kušik, T., Radford, E. (eds.), *Important Plant Areas in Central and Eastern Europe - Priority Sites for Plant Conservation*, Plantlife International, UK, 74 – 75.
- Stevanović V., Šinžar-Sekulić J., Stevanović B. (2003): On the distribution and ecology of macrophytic flora and vegetation in the river Danube reservoir between Žilovo islet and the mouth of the Nera tributary (river km 10 090 and 10075). *Archiv fur Hydrobiologie Suppl.* 147(3 - 4). Large rivers. 14(3 - 4): 283 - 295.
- Stevanović V., Šinžar-Sekulić J., Stevanović B. (2004): Expansion of the adventive species *Paspalum paspaloides* (Michx) Schribner, *Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch and *Cyperus strigosus* L. in the Yugoslav part of the Danube reservoir (km 1090-1075). 35th IAD Conference, Novi Sad, Serbia and Montenegro, *Limnological reports* 35: 399 - 405.

- Šinžar-Sekulić J. (2006): Vremenska dinamika i produkcija makrofitske vegetacije na delu dunava od ade žilovo do ušća nere (km 1090-1075). Doktorska disertacija. 178 pp.
- Šporka F. (1998): The typology of floodplain water bodies of the Middle Danube (Slovakia) on the basis of the superficial polychaete and oligochaete fauna. *Hydrobiologia*. 386: 55 - 62 pp.
- Tadić A. (1960): Najvažniji predstavnici školjaka roda *Unio* iz Save, Dunava i Kopačkog jezera. Prirodnjački muzej. Posebna izdanja. Beograd. 28: 3 - 46.
- Tadić A. (1971): Anodonte iz nekih voda Jugoslavije. *Glasnik Prirodnjačkog muzeja*. Beograd. 26: 25 - 35.
- Tadić A. (1977): *Dreissena polymorpha* Pallas i *Pisidium amnicum* Müller. *Glasnik Prirodnjačkog muzeja*. Beograd. 32: 93 - 104.
- Tadić A. (1979): Slatkovodne školjke Srbije. *Arhiv bioloških nauka*. Beograd. 28: 53 - 58.
- Tamura K. and Nei M. (1993): Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution*. 10:512 - 526.
- Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A., and Kumar S. (2013): MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*. 30: 2725 - 2729.
- Ter Braak C., Prentice I. (1988): A Theory of Gradient Analysis. *Advances in Ecological Research* 18: 271 - 317.
- Ter Braak C., Verdonschot P. (1995): Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57: 255 - 289.
- Timm T. (1999): A Guide to the Estonian Annelida. Estonian Academy Publishing Tartu/Tallinn, 208 pp.
- Tittizer T. (1997): Ausbreitung aquatischer Neozoen (Makrozoobenthos) in den europäischen Wasserstraben, erläutert am Beispiel des Main-Donau-Kanals. *Schriftenr. Bundesamt f. Wasserwirtsch.* 4: 113 - 134.
- Tittizer T. and Banning M. (2000): Biological assessment in the Danube catchment area: Indications of shifts in species composition induced by human activities. *European Water Management*. 3(2): 35 - 45.

- Tomović J., Vranković J., Zorić K., Borković Mitić S., Pavlović S., Saičić Z., Paunović M. (2010): Malakofauna of the Serbian stretch of the Danube River and studied tributaries (the Tisa, the Sava and the Velika Morava Rivers). In: Paunović, M., Simonović, P., Simić, V. & S. Simić (eds.). Danube in Serbia - Joint Danube survey 2. Directorate for Water Management, Belgrade. 207 – 224.
- Tomović J., Zorić K., Kračun, M., Marković, V., Vasiljević, B., Simić, V. and M. Paunović (2012): Freshwater Mussels of the Velika Morava River. Water Research and Management. 2(4): 51 - 55.
- Tomović J., Simić V., Tubić B., Zorić K., Kračun M., Marković V. and Paunović M. (2013): Freshwater Mussels of the Serbian Stretch of the Tisa River. Water Research and Management, 3(1): 35 - 40.
- Tomović J., Paunović M., Atanacković A., Marković V., Gačić Z., Csányi B., Simić V. (2014): Biotic Typology of the Danube River based on Distribution of Mollusc Fauna as Revealed by the Second Joint Danube Survey (2007). Acta zool. bulg., 66 (4): 527 - 537.
- Trichkova T., Paunović M., Skolka M., Kenderov L., Hubenov Z., Evtimova V., Cardeccia A., Popa L., Tomović J., Zorić K., Botev I. (2014): The Danube River as an invasive alien species corridor: The Lower Danube case study. The Danube and Black sea region: unique environment and human well-being under conditions of global changes. Book of abstract. Sofia. 37 pp.
- Tubić B., Simić V., Zorić K., Gačić Z., Atanacković A., Csányi B., Paunović M. (2013): Stream section types of the Danube River in Serbia according to the distribution of macroinvertebrates. Biologia. 68: 294 - 302.
- Van Bruggen A.C. (1995): Biodiversity of Mollusca: Time for new approach. In: Biodiversity and Conservation of the Mollusca. (Eds. Van Bruggen A.C., Wells, S.M. and Kemperman T.C.M.). Oegstgeest-Leiden, Backhuys, the Netherlands. 1 - 19.
- Velde der Van G. and Platvoet D. (2007): Quagga mussels *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov) in the Main River (Germany). Aquatic Invasions 2: 261 - 264.
- Vranković J., Zorić K., Đikanović V., Simić V., Paunović M. (2010): Rasprostranjenost alohtonih vrsta školjki roda *Corbicula* sa nalazima na novim lokalitetima u

- Srbiji. Voda 2010. Zbornik radova 39. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Divčibare. 8.-10. jun 2010 godine.
- Walther A. C., Lee T., Burch J. B. and Ó Foighil D. (2006b): *Acroloxus lacustris* not an ancyliid: A case of misidentification involving the cryptic invader *Ferrissia fragilis* (Mollusca: Pulmonata: Hygrophila). *Mol. biol. evol.* 39: 271 - 275.
- Walther A. C., Lee T., Burch J. B. and Ó Foighil D. (2006c): Confirmation That The North American Ancyliid *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863) Is A Cryptic Invader Of European And East Asian Freshwater Ecosystems. *J. Mollus. Stud.* 72: 318 - 321.
- Walther A. C., Lee T., Burch J. B., and Ó Foighil D. (2006a): E Pluribus Unum: A phylogenetic and phylogeographic reassessment of *Laevapex* (Pulmonata: Ancyliidae), a North American genus of freshwater limpets. *Mol. biol. evol.* 40: 501 - 516.
- Ward J.V. and Stanford J.A. (1995): Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulated Rivers: Research and Management.* 11: 105 - 119.
- Watters G.T. (1995): *A Field Guide to the Freshwater Mussels of Ohio*. Revised 3rd Edition. Ohio Department of Natural Resources, Division of Wildlife, Columbus. 122 pp.
- Wentworth C.K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology.* 30: 377 - 392.
- Wethington A.R. and Lydeard C. (2007): A molecular phylogeny of Physidae (Gastropoda: Basommatophora) based on mitochondrial DNA sequences. *Journal of Molluscan Studies.* 73: 241 - 257.
- Wethington A.R., Wise J. and Dillon R. T., Jr. (2009): Genetic and morphological characterization of the Physidae of South Carolina (Gastropoda: Pulmonata: Basommatophora), with description of a new species. *The Nautilus.* 124(4): 282 - 292.
- Wethington A.R. and Guralnick R. (2004): Are populations of physids from different hot springs distinctive lineages? *American Malacological Bulletin.* 19: 135 - 144
- Wiederholm T. (1983): Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part I. Larvae – *Entomologica Scandinavica* 19: 1 - 457.

- Zelinka M. and Marvan P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Archiv für Hydrobiologie* 57: 389 - 407.
- Zhadin V.I. (1952): Freshwater molluscs of Soviet Union. Guide Series of Fauna Soviet Union, Russian, Zool. Instit. Akad. Nauk SSSR / ZI AN SSSR. Moskva-Leningrad. Academy of Sciences of the U.S.S.R. 46: 368 pp.
- Zieritz A. and Waringer J. (2006): Distribution patterns and habitat characterisation of aquatic Mollusca in the Weidlingbach near Vienna, Austria. 297–300. In: Proceedings 36 th International Conference of IAD. Austrian Committee, Danube research /IAD. Vienna. 43 pp.
- Zorić K., Atanacković A., Tomović J., Vasiljević B., Tubić B. (2010): Biological invasions of aquatic ecosystems in Serbia. Balkans regional young water professionals conference. 29-30 April 2010. Belgrade. Serbia.
- Zorić K., Jakovcev-Todorović D., Đikanović V., Vasiljević B., Tomović J., Atanacković A., Simić V., Paunović M. (2011a): Distribution of the Ponto-Caspian polychaeta *Hypania invalida* (Grube, 1860) in inland waters of Serbia. *Aquatic Invasions*. 6(1): 33 - 38.
- Zorić K., Tomović J., Vasiljević B., Atanacković A., Vranković J., Marković V., Paunović M. (2011b): Aquatic alien invasive species as management issue. International Conference on the status and Future of the World's Large Rivers, Conference Abstract Book. Viena. 244 pp.
- Zorić K., Marković V., Vasiljević B., Tomović J., Atanacković A., Ilić M., Kračun M., Paunović M. (2013): Alien macroinvertebrate species of the Velika Morava River. „EcoIst'13“. Conference Proceedings. Bor. 296 - 301.
- Živić I. (2005): Faunistička i ekološka studija makrozoobentosa tekućica sliva Južne Morave sa posebnim osvrtom na taksonomiju larvi Trichoptera (Insecta). Doktorska disertacija. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd. 508 pp.
- Živić I., Marković Z. and Brajković M. (2002): Macrozoobenthos of three brooks in the southern part of the Pannonian depression: comparative analysis of secondary production. *Tiscia, Szeged, Hungary*. 33: 37 - 44.
- Živić I., Marković Z. and Brajković M. (2008): Macrozoobenthos of some springs and brooks in the Fruška Gora Mountain. In: *Invertebrates (Invertebrata) of the*

Fruška Gora Mountain (ed. Šimić, S), Matica Srpska, Odeljenje za prirodne nauke, Novi Sad. 19 - 55.

<http://beast2.cs.auckland.ac.nz/>

<http://dna.macrogen.com/>

<http://invertebrates.si.edu/Villacampa.html>

<http://www.icpdr.org> - ICPDR

<http://www.faunaeur.org> - De Jong Y.S.D.M. (2013): Fauna Europaea, version 2.6.

<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>

<http://www.conchsoc.org/>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

<http://www.ramsar.org/>

<http://www.savalli.us>

<http://www.statsoft.com> - StatSoft Inc. (2004): STATISTICA, version 7

<http://people.stfx.ca/rlauff/201/clam/clam.html>

<http://www.biomedcentral.com/1471-2148/7/160/figure/F1?highres=y>

8. PRILOZI

Prilog 1a. Kvalitativni sastav taksona iz grupa Gastropoda i Bivalvia na istraživanim lokalitetima Dunava (rečna zona, 1260 – 1250 rkm).

Takson/Zona reke	Rečna zona									
	Lokalitet	Ledinci					N. Sad			
Godina	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
BIVALVIA										
<i>Corbicula fluminea</i> (Müller, 1774)	x	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)	x		x		x	x	x	x	x	x
<i>Dreissena rostriformis bugensis</i> (Andrusov 1897)					x				x	x
<i>Sphaerium</i> sp.					x	x	x			x
<i>Unio tumidus</i> Retzius, 1788					x					
GASTROPODA										
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	x				x	x	x	x		x
<i>Lithoglyphus naticoides</i> C. Pfeiffer, 1828			x		x	x				
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	x		x		x					
<i>Viviparus acerosus</i> (Bourguignat, 1862)	x									

Prilog 1b. Kvalitativni sastav taksona iz grupa Gastropoda i Bivalvia na istraživanim lokalitetima Dunava (prelazna zona, 1076 – 1192 rkm).

Takson/Zona reke	Prelazna zona																				
	Lokalitet Godina	Stari Banovci					Orešac					Smederevo					Ram				
		2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
BIVALVIA																					
<i>Corbicula fluminea</i> (Müller, 1774)	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Dreissena rostriformis bugensis</i> (Andrusov 1897)				x	x				x						x			x	x	x	
<i>Sphaerium</i> sp.					x					x	x	x	x	x			x				
<i>Sphaerium corneum</i> (Linnaeus, 1758)		x			x																
<i>Sphaerium solidum</i> (Normand, 1844)	x			x																	
<i>Unio tumidus</i> Retzius, 1788	x					x					x	x	x	x	x	x	x				
<i>Unio pictorum</i> Linnaeus, 1758											x		x	x	x	x	x	x			
<i>Unio crassus</i> Philipsson, 1788												x		x							
<i>Pseudanodonta complanata</i> Rossmässler, 1835													x				x				
<i>Sinanodonta woodiana</i> (Lea, 1834)									x										x		
GASTROPODA																					
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Theodoxus danubialis</i> (Pfeiffer, 1828)																x					
<i>Lithoglyphus naticoides</i> C. Pfeiffer, 1828	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	x	x				x				x							x	x			
<i>Radix labiata</i> (Rossmässler, 1835)							x														
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	x											x	x			x	x	x	x		
<i>Viviparus acerosus</i> (Bourguignat, 1862)	x																				
<i>Valvata piscinalis</i> (Müller, 1774)																		x			

Prilog 1c. Kvalitativni sastav taksona iz grupa Gastropoda i Bivalvia na istraživanim lokalitetima Dunava (jezerska zona, 1059 – 863,5 rkm).

Takson/Zona reke		Jezerska zona																									
Lokalitet	Godina	V. Gradište					D. Milanovac					Tekija					Kladovo					Kusjak					
		2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	
BIVALVIA																											
<i>Corbicula fluminea</i> (Müller, 1774)		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)		x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x						x	
<i>Dreissena rostriformis bugensis</i> (Andrusov 1897)					x	x										x	x			x	x	x					
<i>Pisidium</i> sp.														x													
<i>Sphaerium</i> sp.							x			x				x						x							
<i>Unio tumidus</i> Retzius, 1788		x	x	x				x					x	x	x					x	x						
<i>Unio pictorum</i> Linnaeus, 1758			x				x		x	x			x	x	x	x	x										
<i>Pseudanodonta complanata</i> Rossmässler, 1835																										x	
<i>Sinanodonta woodiana</i> (Lea, 1834)						x		x	x							x											
GASTROPODA																											
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)		x	x	x	x	x										x			x	x	x	x	x	x			
<i>Theodoxus danubialis</i> (Pfeiffer, 1828)						x														x	x	x	x		x		
<i>Lithoglyphus naticoides</i> C. Pfeiffer, 1828		x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							x	x	x	x
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)		x	x	x									x													x	
<i>Radix labiata</i> (Rossmässler, 1835)																										x	
<i>Acroloxus lacustris</i> (Linnaeus, 1758)																										x	
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)						x	x				x	x	x													x	
<i>Valvata piscinalis</i> (Müller, 1774)					x																						
<i>Borysthenia naticina</i> (Menke, 1845)																										x	x

Prilog 1d. Kvalitativni sastav taksona iz grupa Gastropoda i Bivalvia na istraživanim lokalitetima Dunava (plavna zona).

Takson/Zona reke	Plavna zona	
	Dubovački rit	
	Lokalitet	
Godina	2010	2011
GASTROPODA		
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	x	
<i>Ferrissia</i> sp.	x	x
<i>Gyraulus crista</i> (Linnaeus, 1758)	x	
<i>Gyraulus</i> sp.	x	x
<i>Segmentina nitida</i> (Müller, 1774)	x	x
<i>Hippeutis complanatus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Anisus vortex</i> (Linnaeus, 1758)	x	x
<i>Bathyomphalus contortus</i> (Linnaeus, 1758)	x	
<i>Physella acuta</i> (Draparnaud, 1805)	x	x
<i>Planorbarius corneus</i> (Linnaeus, 1758)	x	
<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus, 1758)	x	

Prilog 2a. Minimalne vrednosti fizičkih i hemijskih parametara vode zabeleženih na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Parametar	Ledinci	Novi Sad	Stari Banovci	Orešac	Smederevo	Ram	Veliko Gradište	Donji Milanovac	Tekija	Kladovo	Kusjak	Dubovački rit
Dubina (m)	3,0	4,0	1,0	1,5	1,0	1,0	2,0	2,0	5,0	1,0	2,2	0,2
Providnost (m)	0,55	0,6	0,55	0,6	0,6	0,5	0,55	0,5	0,6	0,6	0,7	0,15
Temperatura vode (°C)	13,60	13,60	13,40	13,80	7,60	7,50	7,50	7,30	7,80	7,70	7,70	13,0
Mutnoća (NTU)	5,90	12,00	8,40	3,40	2,60	2,40	1,60	1,40	1,00	1,30	1,20	*
Suspendovane materije (mg/l)	16,30	21,00	14,30	2,60	8,78	8,78	6,93	4,88	2,53	2,20	2,48	*
pH	7,88	7,93	7,84	7,33	7,36	7,25	6,99	7,21	7,23	7,3	7,32	7,4
Spec. el. prov. (µS/cm)	316	317	320	327	297	299	301	301	297	298	295	370
Uk. tvr., CaCO ₃ (mg/l)	129,70	150,10	128,60	132,90	131,60	126,00	137,00	137,80	142,30	140,00	140,80	*
St. tvr., CaCO ₃ (mg/l)	14,40	11,70	31,90	26,00	25,50	24,50	21,20	28,70	24,60	29,50	28,50	*
Uk. isp.ost. na 105°C (mg/l)	237,00	252,00	243,00	202,00	193,00	210,00	204,00	218,00	210,00	215,00	209,00	237,00
Hlorofil-a (µg/l)	0,74	0,89	4,70	0,60	0,40	0,20	0,30	0,30	0,15	0,15	0,30	38,00
HPK (O ₂ mg/l)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00
BPK ₅ (O ₂ mg/l)	1,11	1,25	1,05	0,73	0,65	0,79	0,71	0,51	0,33	0,30	0,48	1,90
Rastvoreni O ₂ (mg/l)	7,58	7,58	7,01	6,53	4,67	4,30	3,50	5,10	5,12	4,58	5,10	1,50
Saturacija O ₂ (%)	89,80	87,80	80,10	73,80	55,00	51,80	43,00	60,60	60,40	53,20	62,00	17,00
Ca (mg/l)	36,10	42,90	36,20	37,50	38,50	35,10	39,10	37,40	39,70	40,50	39,80	*
Mg (mg/l)	9,60	9,80	8,60	9,60	8,70	8,60	8,70	8,60	8,30	8,70	8,70	*
Sulfati (mg/l)	24,60	25,60	26,60	19,30	12,40	12,90	13,80	13,20	13,20	12,60	12,90	*
Silikati, SiO ₂ (mg/l)	1,39	1,63	3,10	3,10	2,20	2,12	2,67	2,67	2,57	1,65	1,70	*
Hloridi (mg/l)	11,60	11,40	14,30	13,90	8,50	8,20	8,30	8,00	8,00	8,20	7,90	*
Amonijum jon (mgN/l)	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,18
Nitriti (mgN/l)	0,0025	0,0025	0,006	0,008	0,0025	0,0025	0,01	0,012	0,013	0,013	0,007	*
Nitrati (mgN/l)	0,68	0,78	0,6	0,65	0,22	0,25	0,28	0,26	0,3	0,31	0,35	0,5
Ukupan N (mgN/l)	0,1	0,16	0,17	0,22	0,14	0,16	0,11	0,05	0,05	0,1	0,07	0,68
Organski N (mgN/l)	0,1	0,16	0,02	0,22	0,09	0,11	0,05	0,025	0,025	0,05	0,06	*
Orto fosfati (mgP/l)	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,014	0,015	0,019	0,022	0,025	0,0012
Ukupan P (mgP/l)	0,036	0,024	0,032	0,048	0,034	0,036	0,055	0,036	0,037	0,048	0,048	0,05
Fenoli (mg/l)	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	*
Natrijum (mg/l)	6,90	4,40	6,95	8,80	6,80	7,60	7,60	7,20	6,90	6,70	5,70	*
Kalijum (mg/l)	1,50	1,31	1,67	1,66	1,67	1,60	1,59	1,55	1,58	1,54	1,56	*
Gvožđe (mg/l)	0,26	0,11	0,14	0,02	0,02	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	*
Mangan (mg/l)	0,01	0,04	0,009	0,001	0,006	0,005	0,005	0,002	0,001	0,005	0,003	*
Bakar (µg/l)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	*
Hrom (µg/l)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	*
Olovo (µg/l)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	*
Nikl (µg/l)	1,00	1,00	0,35	0,99	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	*
Kadmijum (µg/l)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	*
Arsen (µg/l)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	*

Napomena: * - parametar nije analiziran

Prilog 2b. Maksimalne vrednosti fizičkih i hemijskih parametara vode zabeleženih na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Parametar	Ledinci	Novi Sad	Stari Banovci	Orešac	Smederevo	Ram	Veliko Gradište	Donji Milanovac	Tekija	Kladovo	Kusjak	Dubovački rit
Dubina (m)	7,0	11,5	12	16,0	11,0	17,5	15,0	33,0	37,0	10,0	17,0	1
Providnost (m)	0,95	1	1,1	1,65	1,7	1,6	1,6	2,1	2,3	4	3,8	0,8
Temperatura vode (°C)	24,20	24,30	24,80	24,80	25,00	25,30	25,40	25,30	25,40	25,00	25,00	28,2
Mutnoća (NTU)	42	35,7	9	8,3	9,2	9	8,5	8,4	8,1	7,3	7,2	*
Suspendovane materije (mg/l)	58,40	50,60	34,20	35,20	24,95	22,75	17,98	19,35	12,03	13,90	9,33	*
pH	8,6	8,61	8,31	8,27	8,29	8,17	8,2	8,16	8,24	8,12	8,17	7,9
Spec.e.prov. (µS/cm)	444	444	477	437	445	449	447	450	452	454	449	400
Uk. Tvr., CaCO ₃ (mg/l)	292,4	296,6	262,6	242,5	256,8	255,1	246,8	252,5	252,1	252,4	250,9	*
St. Tvr., CaCO ₃ (mg/l)	60,3	57,1	53,7	49,8	51,2	82,25	72	58	74,9	82,9	68,9	*
Uk. Isp.ost. na 105°C (mg/l)	334	335	353	321	344	335	338	315	324	309	319	259
Hlorofil-a (µg/l)	32,26	41,74	4,7	5,33	5,33	5,62	3,99	3,55	3,95	3,26	2,66	53
HPK (O ₂ mg/l)	12	12	5	5	19,8	15	12,7	14,7	15	15,2	10,5	14
BPK ₅ (O ₂ mg/l)	4,56	4,58	2,55	3,35	4	2,67	2,7	4,2	4	2,49	2,31	17,6
Rastvoreni O ₂ (mg/l)	14,28	13	11,22	10,8	14,1	13,6	13,05	14,06	13,5	13,51	12,79	2,2
Saturacija O ₂ (%)	139,4	125,4	115	107,7	130,7	115,8	116,3	130,9	121,6	122,2	116,8	25
Ca (mg/l)	78,76	79,68	68,15	64,13	68,15	67,71	64,71	66,31	66,53	66,58	66,54	*
Mg (mg/l)	23,24	23,72	22,44	20	21,03	20,89	20,69	21,1	20,87	20,91	20,58	*
Sulfati (mg/l)	48	49,7	59,7	46,2	52,7	46,2	49,6	52,9	55,6	55,6	47,6	*
Silikati, SiO ₂ (mg/l)	10,5	8,8	8,3	8,8	8,8	9,36	8,9	9,5	9,36	8,83	8,83	*
Hloridi (mg/l)	23,8	23,7	42,4	21,4	25,6	22,2	22,7	23,1	24,5	22,9	22,1	*
Amonijum jon (mgN/l)	0,06	0,07	0,4	0,08	0,13	0,11	0,11	0,16	0,19	0,14	0,15	0,62
Nitriti (mgN/l)	0,015	0,017	0,015	0,013	0,039	0,043	0,08	0,09	0,083	0,133	0,069	*
Nitrati (mgN/l)	1,45	1,69	1,15	1,15	2,03	2,11	2,28	2,04	2,02	1,54	1,67	0,7
Ukupan N (mgN/l)	2,99	2,03	2,61	1,94	2,78	2,79	2,3	2,61	2,79	2,86	2,41	1,27
Organski N (mgN/l)	2,99	2,03	2,61	3,94	2,78	2,79	2,3	2,61	2,79	2,86	2,41	*
Orto fosfati (mgP/l)	0,089	0,079	0,077	0,074	0,119	0,141	0,129	0,131	0,138	0,122	0,132	0,019
Ukupan P (mgP/l)	0,142	0,19	0,182	0,18	0,232	0,207	0,234	0,203	0,204	0,172	0,16	0,087
Fenoli (mg/l)	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,002	0,003	0,005	0,003	0,002	0,003	0,005	*
Natrijum (mg/l)	23,9	24,98	37,83	25,28	30	27,26	29,2	29,12	29,17	29,32	28,41	*
Kalijum (mg/l)	2,951	3,386	3,06	4,7	4,4	4,4	4,89	4,33	4,53	4,73	4,55	*
Gvožđe (mg/l)	0,55	2,76	1,9	1,64	1,1	1,89	1,38	1,93	0,63	0,85	0,72	*
Mangan (mg/l)	0,1	0,14	0,13	0,1	0,19	0,15	0,16	0,23	0,1	0,15	0,07	*
Bakar (µg/l)	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00	1,00	*
Hrom (µg/l)	1,20	1,00	2,03	2,05	2,11	1,93	2,10	2,06	1,98	1,98	1,98	*
Olovo (µg/l)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	*
Nikl (µg/l)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,80	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	*
Kadmijum (µg/l)	2,47	1,45	1,00	1,00	1,40	1,50	1,60	1,50	1,50	1,60	1,60	*
Arsen (µg/l)	5,96	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	*

Napomena: * - parametar nije analiziran

Prilog 2c. Srednje vrednosti fizičkih i hemijskih parametara vode zabeleženih na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Parametar	Ledinci	Novi Sad	Stari Banovci	Orešac	Smederevo	Ram	Veliko Gradište	Donji Milanovac	Tekija	Kladovo	Kusjak	Dubovački rit
Dubina (m)	5,1	8,2	5,3	8,2	6,2	8,5	10,0	12,5	21,7	6,7	9,2	0,81
Providnost (m)	0,85	0,87	0,88	1,17	1,17	1,16	1,16	1,19	1,47	1,73	1,85	0,34
Temperatura vode (°C)	19,77	19,83	20,37	20,57	16,80	16,79	16,91	16,97	17,10	17,00	16,96	22,2
Mutnoća (NTU)	21,82	21,62	8,73	5,42	5,37	5,76	4,67	4,32	3,17	3,66	3,16	*
Suspendovane materije (mg/l)	31,55	35,78	23,37	14,00	15,76	15,82	13,80	13,02	7,29	7,47	4,80	*
pH	8,14	8,14	8,08	7,89	7,89	7,84	7,80	7,76	7,85	7,76	7,81	7,63
Spec. el. prov. (µS/cm)	359	359	378	370	371	374	372	374	374	374	372	383
Uk. tvr., CaCO ₃ (mg/l)	186,47	195,68	180,78	181,72	179,12	180,14	181,65	179,36	178,66	177,24	176,76	*
St. tvr., CaCO ₃ (mg/l)	37,14	33,70	42,00	33,89	40,41	40,80	41,43	41,11	44,06	44,83	43,76	*
Uk. isp. ost. na 105°C (mg/l)	281,83	280,50	281,33	263,50	279,20	273,20	269,90	270,90	263,25	261,55	259,68	246,25
Hlorofil-a (µg/l)	11,47	13,81	4,70	4,00	3,11	3,01	2,14	1,70	1,77	1,53	1,28	46,00
HPK (O ₂ mg/l)	6,17	6,17	5,00	5,00	6,25	5,99	5,41	5,83	5,82	5,84	5,31	7,30
BPK ₅ (O ₂ mg/l)	2,50	2,35	1,90	1,75	1,89	1,66	1,54	1,23	1,31	1,31	1,14	8,20
Rastvoreni O ₂ (mg/l)	10,1467	9,1867	8,6850	9,2067	8,9255	8,2330	8,1430	9,0175	8,6045	7,9650	8,3258	1,8000
Saturacija O ₂ (%)	109,88	99,98	96,22	103,18	90,78	83,09	82,85	91,62	87,70	80,23	83,68	20,00
Ca (mg/l)	52,23	55,06	50,91	51,01	51,88	51,24	51,32	51,15	51,27	50,70	50,82	*
Mg (mg/l)	13,64	14,18	13,06	13,23	12,20	12,69	13,01	12,55	12,31	12,33	12,14	*
Sulfati (mg/l)	32,97	33,82	36,30	32,32	32,71	31,65	31,58	32,32	31,95	32,51	31,61	*
Silikati, SiO ₂ (mg/l)	5,11	4,90	5,45	5,18	5,06	5,44	5,43	5,38	5,39	5,27	5,24	*
Hloridi (mg/l)	15,22	15,03	23,27	17,47	16,82	16,59	16,61	16,73	16,83	16,78	16,43	*
Amonijum jon (mgN/l)	0,037	0,033	0,126	0,034	0,043	0,050	0,052	0,043	0,048	0,045	0,041	0,395
Nitriti (mgN/l)	0,008	0,008	0,010	0,011	0,013	0,017	0,025	0,028	0,028	0,035	0,029	*
Nitrati (mgN/l)	1,032	1,097	0,882	0,915	1,107	1,238	1,275	1,202	1,200	1,158	1,189	0,550
Ukupan N (mgN/l)	0,788	0,653	0,737	0,568	0,623	0,649	0,579	0,549	0,613	0,585	0,568	0,950
Organski N (mgN/l)	0,768	0,642	0,630	0,888	0,593	0,609	0,538	0,518	0,577	0,550	0,541	*
Orto fosfati (mgP/l)	0,031	0,028	0,033	0,042	0,045	0,051	0,051	0,052	0,055	0,055	0,057	0,010
Ukupan P (mgP/l)	0,083	0,100	0,103	0,105	0,106	0,107	0,113	0,106	0,104	0,096	0,093	0,062
Fenoli (mg/l)	0,0005	0,0005	0,0005	0,0006	0,0007	0,0008	0,0007	0,0009	0,0006	0,0007	0,0008	*
Natrijum (mg/l)	11,57	11,98	18,00	17,30	15,00	14,32	14,89	14,66	14,81	14,56	14,32	*
Kalijum (mg/l)	2,18	2,28	2,48	2,67	2,67	2,53	2,62	2,57	2,60	2,63	2,54	*
Gvožđe (mg/l)	0,36	0,74	0,53	0,39	0,29	0,38	0,32	0,28	0,17	0,21	0,19	*
Mangan (mg/l)	0,06	0,07	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	*
Bakar (µg/l)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,16	0,17	0,21	0,08	0,19	0,14	0,14	*
Hrom (µg/l)	0,76	0,62	0,85	0,98	0,59	0,64	0,65	0,55	0,61	0,61	0,59	*
Olovo (µg/l)	2,31	2,31	2,31	2,31	2,50	2,53	2,66	2,81	2,66	2,62	2,58	*
Nikl (µg/l)	3,15	3,50	3,01	3,02	2,50	3,17	2,82	2,85	2,75	2,83	2,92	*
Kadmijum (µg/l)	0,79	0,63	0,49	0,48	0,34	0,41	0,35	0,41	0,44	0,42	0,38	*
Arsen (µg/l)	4,49	3,90	3,90	3,90	3,82	3,82	3,82	3,82	3,82	3,82	3,76	*

Napomena: * - parametar nije analiziran

Prilog 3a. Minimalne vrednosti teških i toksičnih metala i organskih polutanata površinskog sloja sedimenta na istraživanim lokalitetima Dunava (1112 – 863,5 rkm).

Parametar	Smederevo	Ram	Veiko Gradište	Donji Milanovac	Tekija	Kladovo	Kusjak
Ukupni PCB (mg/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ukupni PAH (mg/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hg (mg/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn (mg/kg)	250,74	264,69	247,44	170,00	284,84	228,43	277,58
Cu (mg/kg)	46,63	42,27	46,86	55,00	68,56	58,86	53,99
Cr (mg/kg)	71,79	66,50	81,70	80,85	80,84	67,15	67,24
Pb (mg/kg)	60,23	56,80	66,26	46,88	65,11	51,06	70,89
Ni (mg/kg)	55,63	58,56	69,22	63,90	59,88	46,58	51,34
Cd (mg/kg)	0,55	0,47	0,53	0,85	0,62	0,66	0,60
As (mg/kg)	9,06	11,80	11,95	8,23	11,17	7,16	10,18

Prilog 3b. Maksimalne vrednosti teških i toksičnih metala i organskih polutanata površinskog sloja sedimenta na istraživanim lokalitetima Dunava (1112 – 863,5 rkm).

Parametar	Smederevo	Ram	Veliko Gradište	Donji Milanovac	Tekija	Kladovo	Kusjak
Ukupni PCB (mg/kg)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
Ukupni PAH (mg/kg)	0,30	0,15	0,18	0,11	0,18	0,22	0,19
Hg (mg/kg)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Zn (mg/kg)	509,74	492,57	414,44	373,09	430,84	394,99	431,03
Cu (mg/kg)	87,14	88,31	89,72	97,23	116,49	106,36	98,35
Cr (mg/kg)	146,13	135,63	112,09	110,94	119,35	100,13	123,74
Pb (mg/kg)	112,07	110,02	91,97	88,95	98,43	97,55	114,48
Ni (mg/kg)	103,04	108,57	101,53	97,77	98,61	81,19	96,27
Cd (mg/kg)	2,43	2,88	2,71	2,87	2,95	4,79	2,74
As (mg/kg)	38,01	24,80	20,41	23,08	25,91	20,53	25,18

Prilog 3c. Srednje vrednosti teških i toksičnih metala i organskih polutanata površinskog sloja sedimenta na istraživanim lokalitetima Dunava (1112 – 863,5 rkm).

Parametar	Smederevo	Ram	Veliko Gradište	Donji Milanovac	Tekija	Kladovo	Kusjak
Ukupni PCB (mg/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ukupni PAH (mg/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hg (mg/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn (mg/kg)	374,75	370,05	321,67	262,58	355,44	310,47	354,97
Cu (mg/kg)	66,71	65,89	68,58	72,21	91,35	83,28	77,10
Cr (mg/kg)	105,08	98,52	97,88	95,59	98,57	81,85	95,00
Pb (mg/kg)	88,65	85,71	78,45	64,81	82,68	74,09	92,31
Ni (mg/kg)	77,02	87,45	85,38	79,90	79,93	64,71	76,49
Cd (mg/kg)	1,28	1,39	1,27	1,79	1,45	2,60	1,32
As (mg/kg)	18,78	17,76	15,92	14,15	17,91	12,54	16,82

Prilog 4. Procentualna zastupljenost faunističkih grupa akvatičnih beskičmenjaka na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

Faunistička grupa (%)	Ledinci	Novi Sad	Stari Banovci	Orešac	Smederevo	Ram	Veliko Gradište	Donji Milanovac	Tekija	Kladovo	Kusjak	Dubovački rit
Porifera										0,02		
Coelenterata		0,88		0,18	0,30	0,34	0,01			0,41		
Turbellaria					0,07	0,02	0,04			0,04		
Nematoda		0,08	0,11	1,15	0,34	3,34	0,80	2,63	0,76	1,15	1,49	
Gastropoda	3,53	3,13	5,41	3,69	8,79	3,63	1,04	8,15	7,19	1,04	4,18	15,00
Bivalvia	25,12	38,21	24,35	7,21	9,78	7,55	18,45	5,50	16,72	7,32	0,23	
Polychatea	0,85	2,31	0,14	0,39	0,12	6,33	11,36	3,81	13,43	53,00		
Oligochaeta	37,89	25,95	28,05	63,83	61,62	42,55	52,19	68,65	49,80	23,25	83,99	14,65
Hirudinea	0,49		0,18		0,02	0,13	0,00					1,62
Crustacea	14,11	15,82	30,58	9,11	17,24	31,11	13,73	1,46	8,44	8,89	0,44	3,33
Araneae												0,48
Ephemeroptera						0,02						11,31
Odonata	0,19	0,08		0,08								0,98
Trichoptera	0,24	0,40	0,09			0,01				0,03		0,43
Coleoptera												15,43
Diptera	17,59	13,14	11,09	14,37	1,72	4,97	2,38	9,80	3,66	4,86	9,67	33,54
Acari												3,22

Prilog 5. Opis šifara za numeričko šifrovanje taksona/vrsta datih na grafičkom prikazu gustine zajednice mekušaca na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

	BIVALVIA	17	<i>Viviparus viviparus</i>
1	<i>Corbicula fluminea</i>	18	<i>Viviparus acerosus</i>
2	<i>Dreissena polymorpha</i>	19	<i>Valvata piscinalis</i>
3	<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>	20	<i>Borysthenia naticina</i>
4	<i>Pisidium</i> sp.	21	<i>Radix labiata</i>
5	<i>Sphaerium</i> sp.	22	<i>Lymnaea stagnalis</i>
6	<i>Sphaerium corneum</i>	23	<i>Physella acuta</i>
7	<i>Sphaerium solidum</i>	24	<i>Acroloxus lacustris</i>
8	<i>Unio tumidus</i>	25	<i>Ferrissia</i> sp.
9	<i>Unio pictorum</i>	26	<i>Gyraulus crista</i>
10	<i>Unio crassus</i>	27	<i>Gyraulus</i> sp.
11	<i>Pseudanodonta complanata</i>	28	<i>Segmentina nitida</i>
12	<i>Sinanodonta woodiana</i>	29	<i>Hippeutis complanatus</i>
	GASTROPODA	30	<i>Anisus vortex</i>
13	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	31	<i>Bathyomphalus contortus</i>
14	<i>Theodoxus danubialis</i>	32	<i>Planorbarius corneus</i>
15	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	33	<i>Planorbis planorbis</i>
16	<i>Bithynia tentaculata</i>		

Prilog 6. Opis šifara za numeričko šifrovanje i skraćenice naziva taksona/vrsta date na ordinacijskim plotovima u CA, DCA i CCA zajednice mekušaca na istraživanim lokalitetima Dunava (1260 – 863,5 rkm).

CA	DCA, CCA	Vrsta/Takson
BIVALVIA		
<u>1</u>	• <i>C. flu.</i>	<i>Corbicula fluminea</i>
<u>2</u>	• <i>D. pol.</i>	<i>Dreissena polymorpha</i>
<u>3</u>	• <i>D. bug.</i>	<i>D. rostriformis bugensis</i>
<u>4</u>	• <i>Pis.sp.</i>	<i>Pisidium sp.</i>
<u>5</u>	• <i>Sph.sp.</i>	<i>Sphaerium sp.</i>
<u>6</u>	• <i>S. cor.</i>	<i>Sphaerium corneum</i>
<u>7</u>	• <i>S. sol.</i>	<i>Sphaerium solidum</i>
<u>8</u>	• <i>U. tum.</i>	<i>Unio tumidus</i>
<u>9</u>	• <i>U. pic.</i>	<i>Unio pictorum</i>
<u>10</u>	• <i>U. cra.</i>	<i>Unio crassus</i>
<u>11</u>	• <i>P. com.</i>	<i>Pseudanodonta complanata</i>
<u>12</u>	• <i>S. woo.</i>	<i>Sinanodonta woodiana</i>
GASTROPODA		
<u>1</u>	• <i>T. flu.</i>	<i>Theodoxus fluviatilis</i>
<u>2</u>	• <i>T. dan.</i>	<i>Theodoxus danubialis</i>
<u>3</u>	• <i>L. nat.</i>	<i>Lithoglyphus naticoides</i>
<u>4</u>	• <i>B. ten.</i>	<i>Bithynia tentaculata</i>
<u>5</u>	• <i>R. lab.</i>	<i>Radix labiata</i>
<u>6</u>	• <i>A. lac.</i>	<i>Acroloxus lacustris</i>
<u>7</u>	• <i>V. viv.</i>	<i>Viviparus viviparus</i>
<u>8</u>	• <i>V. ace.</i>	<i>Viviparus acerosus</i>
<u>9</u>	• <i>Va.pis.</i>	<i>Valvata piscinalis</i>
<u>10</u>	• <i>B. nat.</i>	<i>Borysthenia naticina</i>

Biografija autora

Maja J. Raković rođena je 14.04.1980. godine u Kotoru (Crna Gora), gde je završila osnovnu i srednju školu. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, na studijskoj grupi Biologija, smer Morfologija, sistematika i filogenija životinja završila je 2007. godine, odbranom diplomskog rada pod nazivom „Uzgoj dagnji *Mytilus galloprovincialis* L, 1819 u Bokokotorskom zalivu“ sa ocenom 10.

27.09.2007. godine započinje volonterski rad u Institutu za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, Univerziteta u Beogradu, a od 2.06.2008. godine je zaposlena na Odeljenju za hidroekologiju i zaštitu voda Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, Univerziteta u Beogradu, u zvanju *Istraživač pripravnik*. Doktorske studije na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na smeru Biologija, modul Morfologija, sistematika i filogenija životinja, upisala je 2009. godine. Odlukom Naučnog Veća Instituta za biološka istraživanja "Siniša Stanković" od 14.09.2010. godine izabrana je u istraživačko zvanje *Istraživač saradnik*.

Učesnik je jednog međunarodnog i dva projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije:

„Geološka i ekotoksikološka istraživanja u identifikaciji geopatogenih zona toksičnih elemenata i prirodne radioaktivnosti u akumulacijama vode za piće u Republici Srbiji“, ON 146021 B; Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije pod rukovodstvom dr Milke Vidović

„Geološka i ekotoksikološka istraživanja u identifikaciji geopatogenih zona toksičnih elemenata u akumulacijama vode za piće – istraživanje metoda i postupaka smanjivanja uticaja biogeohemijskih anomalija“, ON 176018, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, pod rukovodstvom dr Milke Vidović.

„Upravljanje efektima višestrukih stresora u uslovima nedostatka vode“ („*Managing the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity* - acronym GLOBAQUA; funded under Grant Agreement No. 603629-ENV-2013-6.2.1-Globaqua”).

Maja J. Raković autor je i koautor u 9 naučnih radova i četiri saopštenja sa međunarodnih skupova štampanih u izvodu, od čega je 1 rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21), 3 u časopisu međunarodnog značaja (M23), 3 u međunarodnom časopisu kategorije M23a, 1 rad u naučnom časopisu nacionalnog

značaja (M53) i 1 rad saopšten na skupu nacionalnog značaja štampan u celini (M63).