



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Мр Милка Л. Рајковић

Дистрибуција, филогенија, екологија  
и конзервација ракова из фамилије  
*Astacidae* на подручју Црне Горе

Докторска дисертација

Крагујевац, 2012

### ***I Аутор***

Име и презиме: мр Милка Л.Рајковић

Датум и мјесто рођења: 25.05.1973, Плав, Црна Гора

Садашње запослење: истраживач хидробиолог у Заводу за заштиту природе-Подгорица

### ***II Докторска дисертација***

Наслов: ДИСТРИБУЦИЈА, ФИЛОГЕНИЈА, ЕКОЛОГИЈА И КОНЗЕРВАЦИЈА РАКОВА ИЗ ФАМИЛИЈЕ ASTACIDAE НА ПОДРУЧЈУ ЦРНЕ ГОРЕ

Број страница: 203

Број слика: 88

Број библиографских података:

Установа и мјесто гдје је рад израђен: Природословно - математичког факултета, Свеучилиште у Загребу, ужа научна област: Природне знаности, Лабораторија за генетику, Лабораторија у Кореји, Завод за заштиту природе Подгорица;

Научна област (УДК): Биологија

Ментор: др Владица Симић, ванредни професор ПМФ-а Универзитета у Крагујевцу

### ***III Оцјена и одбрана***

Датум пријаве теме:

Број одлуке и датум прихватња докторске дисертације:

Комисија за оцјену подобности теме и кандидата:

1. Др Владица Симић, ванредни професор ПМФ-а Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област : Екологија, биогеографија и заштита животне средине.
2. Др Ивана Магиће, доцент Природословно - математичког факултета, Свеучилиште у Загребу, ужа научна област: Природне знаности, поље Биологија, грана Зоологија;
3. Др Момир Пауновић, научни сарадник Института за биолошка истраживања “Синиша Станковић” у Београду, ужа научна област: Биологија (Хидроекологија).

Комисија за преглед, оцјену и одбрану докторске дисертације:

1. Др Владица Симић, ванредни професор ПМФ-а Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област : Екологија, биогеографија и заштита животне средине.
2. Др Ивана Магиће, доцент Природословно - математичког факултета, Свеучилиште у Загребу, ужа научна област: Природне знаности, поље Биологија, грана Зоологија;
3. Др Момир Пауновић, научни сарадник Института за биолошка истраживања “Синиша Станковић” у Београду, ужа научна област: Биологија (Хидроекологија).

Датум одбране дисертације:

## ЗАХВАЛНИЦА

Овом приликом желим да се захвалим свима који су на било који начин допринијели реализацији овог рада :

Др Владици Сумић, ванредном професору Природно – математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, ментору, на помоћи при избору теме и корисним савјетима при изради ове докторске дисертације.

Др Ивани Магуири, ванредном професору Природно – математичког факултета Универзитета у Загребу на великој подршци и помоћи у експерименталном раду, као и непосредној и срдечној сарадњи током реализације ове докторске дисертације.

Др Момиру Пауновићу, научном сараднику Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ у Београду, на помоћи током финалног обликовања моје докторске дисертације.

Др сци. Зорану Срзентићу, доценту Универзитета у Крагујевцу на корисним савјетима и сугестијама око израде докторске дисертације.

Др Златку Булићу, директору Завода за заштиту природе у Подгорици на подршци у финансиској помоћи током теренских истраживања.

Далиборки Пејовић, директорици Агенције за заштиту животне средине на финансиској помоћи корицења и одбране докторске дисертације

Колегама Др Рајку Трипић, мр Василију Бушковић, мр Наташи Станишић Мисхелу Јелићу и Милицу Јовановић, на техничкој помоћи и моралној подршци.

Хвала мојим сестрама и њиховим породицама на подршци и помоћи која никада није изостала.

Мр Милка Ј. Рајковић

|   |    |
|---|----|
| САДРЖАЈ   |    |
| Извод .....   | 1  |
| Summary .....                                       | 3  |
| 1. УВОД .....                                       | 5  |
| 1.1. ПОРОДИЦА ASTACIDAE .....                       | 6  |
| 1.2. ПОРОДИЦА ПОТАМИДАЕ .....                       | 6  |
| 1.3. ЛИТЕРАТУРНИ ПРЕГЛЕД .....                      | 7  |
| 1.4. ФИЛОГЕНИЈА И ЕВОЛУЦИЈА ASTACIDA .....          | 7  |
| 1.4.1. Монофилија Astacidae .....                   | 8  |
| 1.4.2. Филогенетска систематика Astacidae .....     | 9  |
| 1.5. РАСПРОСТРАЊЕНОСТ ASTACIDAE .....               | 10 |
| 1.5.1. Распрострањеност у свијету .....             | 10 |
| 1.5.2. Распрострањеност у Европи .....              | 11 |
| 1.5.3. Распрострањеност у Словенији .....           | 14 |
| 1.5.4. Распрострањеност у Хрватској .....           | 14 |
| 1.5.5. Распрострањеност у Босни и Херцеговини ..... | 16 |
| 1.5.6. Распрострањеност у Србији .....              | 16 |
| 1.5.7. Распрострањеност у Црној Гори .....          | 17 |
| 1.6. ФУНКЦИОНАЛНА МОРФОЛОГИЈА И АНАТОМИЈА .....     | 18 |
| 1.6.1. Морфологија Astacidae .....                  | 18 |
| 1.6.2. Анатомија Astacidae .....                    | 20 |
| 1.7. ЕКОЛОГИЈА .....                                | 25 |
| 1.8. БИОЛОГИЈА .....                                | 27 |
| 1.9. ОПИС ВРСТА .....                               | 27 |
| 1.9.1. <i>Austropotamobius pallipes</i> .....       | 27 |
| 1.9.2. <i>Austropotamobius torrentium</i> .....     | 29 |
| 1.9.3. <i>Astacus astacus</i> .....                 | 30 |
| 1.9.4. <i>Potamon fluviatilis</i> .....             | 31 |
| 2. ФИЛОГЕНИЈА .....                                 | 33 |
| 2. 1. Молекуларна филогенија .....                  | 33 |



|  |     |
|--|-----|
| 2. 2. Филогенетска стабла .....  | 34  |
| 2. 3. Методе за реконструкцију филогенетских стабала .....                                   | 36  |
| 2. 4. Методе молекуларне филогеније .....  | 37  |
| 2. 5. Митохондријска DNA .....   | 38  |
| 2.6. Митохондријски ген за 16S rRNA .....  | 40  |
| 2.7. Ген за подјединицу и цитохром-оксидазе (COI) .....                                      | 40  |
| 3. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА .....   | 42  |
| 4. ХИДРОГРАФИЈА ЦРНЕ ГОРЕ .....  | 43  |
| 5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА .....   | 44  |
| 5.1. Лов .....   | 44  |
| 5.2. Истраживање станишта .....  | 44  |
| 5.3. Физичко - хемијски параметри воде .....   | 54  |
| 5.4. Обрада података .....   | 54  |
| 5.5. Филогенетске анализе .....  | 60  |
| 5.6. Анализа 16S rRNA генске секвенце .....  | 65  |
| 5.7. Анализа COI гена .....  | 69  |
| 5.8. Анализа степена и фактори угрожености .....   | 73  |
| 6. РЕЗУЛТАТИ РАДА .....  | 75  |
| 6.1. Распрострањеност Десародних ракова из породице Astacidae и Potamidae у Црној Гори ..... | 75  |
| 6.2. Врста <i>Austropotamobius torrentium</i> .....  | 77  |
| 6.2.1. Физичко – хемијски параметри истраживаних вода .....                                  | 77  |
| 6.2.2. Узрасна и старосна структура .....  | 79  |
| 6.2.3. Полна структура врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> .....                        | 83  |
| 6.2.4. Морфометрија <i>Austropotamobius torrentium</i> .....                                 | 84  |
| 6.3. Врста <i>Austropotamobius pallipes</i> .....  | 110 |
| 6.3.1. Физичко – хемијски параметри истраживаних вода .....                                  | 110 |
| 6.3.2. Узрасна структура <i>Austropotamobius pallipes</i> .....                              | 112 |
| 6.3.3. Полна структура <i>Austropotamobius pallipes</i> .....                                | 113 |
| 6.3.4. Морфометрија <i>Austropotamobius pallipes</i> .....                                   | 114 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.4. Врста <i>Astacus astacus</i> .....   | 119 |
| 6.4.1. Физичко – хемијски параметри истраживаних вода .....   | 119 |
| 6.4.2. Узрасна структура <i>Astacus astacus</i> .....   | 120 |
| 6.4.3. Полна структура врсте <i>Astacus astacus</i> .....   | 123 |
| 6.4.4. Морфометрија врсте <i>Astacus astacus</i> .....  | 125 |
| 6.4.5. Морфометрија врсте <i>Astacus astacus</i> из Србије .....  | 129 |
| 6.4.6. Упоредивање врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> , <i>Austropotamobius pallipes</i> и <i>Astacus astacus</i> ..... | 135 |
| 6.5. Врста <i>Potamon fluviatilis</i> .....   | 143 |
| 6.5.1. Физичко-хемијске анализе истраживаних вода .....   | 143 |
| 6.5.2. Узрасна структура <i>Potamon fluviatilis</i> .....   | 145 |
| 6.6. Вишеструко сравњивање секвенци за 16S rRNA ген .....   | 148 |
| 6.7. Вишеструко сравњивање секвенци за COI ген .....  | 149 |
| 6.8. Филогенетске анализе .....   | 150 |
| 6.8.1. Анализа методом највеће штедљивости (MP метода) .....  | 150 |
| 6.8.2. Анализа Bayesian методом (BA метода) .....   | 153 |
| 6.8.3. Генетичка удаљеност ( $p$ ) и нуклеотидна разноликост ( $\pi$ ) .....  | 157 |
| 6.9. Анализа степена и фактори угрожености .....  | 161 |
| 7. ДИСКУСИЈА .....  | 166 |
| 8. ЗАКЉУЧЦИ .....   | 178 |
| 9. ЛИТЕРАТУРА .....   | 181 |
| Прилог 1 .....  | 196 |
| Прилог 2 .....  | 200 |
| Кључна документација .....  | 204 |
| Key words documentation .....   | 207 |
| Биографија са публикацијама кандидата .....   | 210 |

Списак Табела и Слика

| Табеле:   | стр. |
|---|------|
| <b>Табела 1.</b> Састав реакцијске смјеше и њен количински удио за ланчану реакције полимеразом (PCR) по упуству произвођача комплета реагенса „HotMasterMix (2.5X)“ .....  | 62   |
| <b>Табела 2.</b> Времена трајања (т/с) и температуре (Т/°C) на којима су се одвијали поједини кораци циклуса умнажања фрагмената PCR-ом, гдје су кораци: PD – предденатурација, D – денатурација, A – сљеplивање, S – синтеза, FS – завршна синтеза, а N – број циклуса ..... | 62   |
| <b>Табела 3.</b> Нуклеотидни састав (G + C / %), температура мекшања (Т <sub>м</sub> / °C), релативна молекулска маса (M <sub>p</sub> ) и број парова база (пб) почетница за PCR фрагмената гена 16S rRNA и COI .....   | 63   |
| <b>Табела 4.</b> Узорци кориштени за анализу помоћу маркера 16S rRNA .....  | 65   |
| <b>Табела 5.</b> Генске секвенце за 16S rRNA преузете из ГенБанке-а .....   | 67   |
| <b>Табела 6.</b> Узорци кориштени за анализу помоћу маркера COI .....   | 69   |
| <b>Табела 7.</b> Генске секвенце за COI преузете из ГенБанке-а .....  | 70   |
| <b>Табела 8.</b> Средње вриједности параметара за физичко-хемијску анализу воде екосистема у којима је нађена врста <i>Austropotamobius torrentium</i> .....  | 77   |
| <b>Табела 9.</b> Заступљеност врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у истраживаним локалитетима (број, заступљеност у %-има по дужини тијела, средња вриједност тежине тијела, одвојено по дужинским групама) .....  | 80   |
| <b>Табела 10.</b> Процентуална заступљеност ријечног рака по полу врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> .....  | 83   |
| <b>Табела 11.</b> Дескриптивна статистика - средње вриједности, стандардне девијације и распони мјерених морфометриских обиљежја код мужјака и женки врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> .....   | 85   |
| <b>Табела 12.</b> Вриједности Т-тест за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у ријечи Лим (звјездицом су означена обиљежја по којим се мужјаци и женке статистички значајно разликују) .....                       | 87   |
| <b>Табела 13.</b> Вриједности Т-тест за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у ријечи Тари (звјездицом су означена обиљежја по којим се мужјаци и женке статистички значајно разликују) .....                      | 88   |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Табела 14.</b> Вриједности Т-тест за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у Ријечи Црнојевића (звјездицом су означена обиљежја по којим се мужјаци и женке статистички значајно разликују) ....            | 89  |
| <b>Табела 15.</b> Вриједности Т-тест за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у Вражјем језеру (звјездицом су означена обиљежја по којима се мужјаци и женке статистички значајно разликују) .....             | 90  |
| <b>Табела 16.</b> Вриједности Mann-Whitney U- теста за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у Црном језеру (звјездицом су означена обиљежја по којим се мужјаци и женке статистички значајно разликују) ..... | 91  |
| <b>Табела 17.</b> Вриједности Mann-Whitney U- теста за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у ријечи Тихотини   | 92  |
| <b>Табела 18.</b> Приказ резултата анализе варијансе (ANOVA) за женке врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> за свих шест популација. (звјездицом су означена обиљежја по којим се мужјаци и женке статистички значајно разликују) .....                               | 93  |
| <b>Табела 19.</b> Приказ резултата анализе варијансе (ANOVA) за мужјаке врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> за свих шест популација. (звјездицом су означена обиљежја по којима се мужјаци и женке статистички значајно разликују) .....                            | 94  |
| <b>Табела 20.</b> Резултати дискриминантне анализе (DA) за мужјаке врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> за свих шест популација .....  | 96  |
| <b>Табела 21.</b> Резултати дискриминантне анализе (Stepwise поступак) за узорке мужјаке врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> . Број варијабли у моделу = 15; локалитета (6); Вилкс' Ламбда: 0,60758; апрох. $\Phi(75,1546) = 2,2607$ ; $p < 0,0000$ .....           | 97  |
| <b>Табела 22.</b> Резултати дискриминантне анализе за мужјаке врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> : Процент тачно класифицираних јединки у одређену групу.....  | 98  |
| <b>Табела 23.</b> Резултати дискриминантне анализе (DA) за женке врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> Стандардизирани коефицијент каноничких дискриминантних функција за свих шест популација .....  | 102 |
| <b>Табела 24.</b> Резултати дискриминантне анализе (Stepwise поступак) за узорке женки врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> . Број варијабли у моделу = 14; локалитета (6); Вилкс' Ламбда: 0,56236; апрох. $F(70,1289) = 2,3675$ ; $p < 0,0000$ .....                | 103 |
| <b>Табела 25.</b> Резултати дискриминантне анализе за женке врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> : Процент тачно класифицираних јединки у одређену групу .....   | 104 |
| <b>Табела 26.</b> Резултати дискриминантне анализе за мужјаке врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> за четири популације. Процент тачно класифицираних јединки у одређену групу .....   | 107 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Табела 27.</b> Резултати дискриминантне анализе за женке врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> за четири популације. Процент тачно класифицираних јединки у одређену групу .....              | 109 |
| <b>Табела 28.</b> Средње вриједности параметара за физичко-хемијску анализу воде доњег тока ријеке Зете .....   | 111 |
| <b>Табела 29.</b> Процентуална заступљеност ријечног рака <i>Austropotamobius pallipes</i> по дужини тијела и средња вриједност тежине у доњем току ријеке Зете .....                               | 112 |
| <b>Табела 30.</b> Процентуална заступљеност мужјака и женки рака <i>Austropotamobius pallipes</i> по истраживаним локалитетима .....  | 113 |
| <b>Табела 31.</b> Дескриптивна статистика - средње вриједности, стандардне девијације и распони мјерених морфометрских обиљежја код мужјака и женки врсте <i>Austropotamobius pallipes</i> .....    | 115 |
| <b>Табела 32.</b> Резултат Т-теста <i>Austropotamobius pallipes</i> .....   | 117 |
| <b>Табела 33.</b> Средње вриједности параметара за физичко-хемијску анализу воде горњег тока ријеке Зете .....  | 119 |
| <b>Табела 34.</b> Процентуална заступљеност врсте <i>Astacus astacus</i> по дужини тијела и средња вриједност тежине тијела у истраживаним екосистемима .....                                       | 120 |
| <b>Табела 35.</b> Процентуална заступљеност мужјака и женки по дужинским групама врсте <i>Astacus astacus</i> .....   | 123 |
| <b>Табела 36.</b> Дескриптивна статистика - средње вриједности, стандардне девијације и распони мјерених морфометрских обиљежја код мужјака и женки врсте <i>Astacus astacus</i> из Црне Горе ..... | 126 |
| <b>Табела 37.</b> Резултати Т-теста између мужјака и женки врсте <i>Astacus astacus</i> (звјездицом су означена статистички значајна обиљежја) .....  | 128 |
| <b>Табела 38.</b> Дескриптивна статистика - средње вриједности, стандардне девијације и распони мјерених морфометрских обиљежја код мужјака и женки врсте <i>Astacus astacus</i> из Србије .....    | 130 |
| <b>Табела 39.</b> Резултати Т-теста између мужјака и женки врсте <i>Astacus astacus</i> из Србије (звјездицом су означена статистички значајна обиљежја) .....                                      | 132 |
| <b>Табела 40.</b> Анализа варијансе код мужјака врсте <i>Astacus astacus</i> из Србије и Црне Горе (звјездицом су означени статистички значајни морфометрски параметри, $p < 0.05000$ ) .....       | 133 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Табела 41.</b> Анализа варијансе код женки врсте <i>Astacus astacus</i> из Србије и Црне Горе (звјездицом су означени статистички значајни морфометриски параметри, $p < .05000$ ) .....  | 134 |
| <b>Табела 42.</b> Анализа варијансе код женки врста <i>Austropotamobius torrentium</i> , <i>Austropotamobius pallipes</i> и <i>Astacus astacus</i> . (звјездицом су означени статистички значајни морфометриски параметри, $p < .05000$ ) .....  | 135 |
| <b>Табела 43.</b> Анализа варијансе код мужјака врста <i>Austropotamobius torrentium</i> , <i>Austropotamobius pallipes</i> и <i>Astacus astacus</i> . (звјездицом су означени статистички значајни морфометриски параметри, $p < .05000$ ) .....                                      | 136 |
| <b>Табела 44.</b> Резултати дискриминантне анализе (DA) за женке врста <i>Austropotamobius torrentium</i> , <i>A. pallipes</i> и <i>Astacus astacus</i> (Стандардизирани коефицијент каноничких дискриминантних функција за три популације) .....                                      | 137 |
| <b>Табела 45.</b> Резултати дискриминантне анализе (Stepwise поступак) за узорке женки врсте <i>A. torrentium</i> , <i>A. pallipes</i> и <i>Astacus astacus</i> . Број варијабли у моделу = 20; групе (3); Вилкс' Ламбда: 0,19234; апрох. $F(40,866) = 27,716$ ; $p < 0,0000$ .....    | 138 |
| <b>Табела 46.</b> Резултати дискриминантне анализе за женке врста <i>A. torrentium</i> , <i>A. pallipes</i> и <i>Astacus astacus</i> . Процент тачно класифицираних јединки у одређену групу .....   | 139 |
| <b>Табела 47.</b> Резултати дискриминантне анализе (DA) за мужјаке врста <i>Austropotamobius torrentium</i> , <i>A. pallipes</i> и <i>Astacus astacus</i> (Стандардизирани коефицијент каноничких дискриминантних функција за три популације) .....                                    | 140 |
| <b>Табела 48.</b> Резултати дискриминантне анализе (stepwise поступак) за узорке мужјака врста <i>A. torrentium</i> , <i>A. pallipes</i> и <i>Astacus astacus</i> . Број варијабли у моделу = 12; групе (3); Вилкс' Ламбда: 0,27957; апрох. $F(38,1060) = 24,862$ ; $p < 0,0000$ ..... | 141 |
| <b>Табела 49.</b> Процент тачно класифицираних мужјака врста <i>A. pallipes</i> , <i>A. torrentium</i> и <i>Astacus astacus</i> .....  | 142 |
| <b>Табела 50:</b> Средње вриједности физичко-хемијске анализе воде у истраживаним еко системима .....  | 144 |
| <b>Табела 51:</b> Заступљеност врсте <i>Potamon fluviatilis</i> у истраживаним екосистемима (број јединки, заступљеност у %-има, по дужини тијела и средња вриједност тежине на истраживаним локалитетима) .....   | 145 |
| <b>Табела 52.</b> Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за 16S rRNA без вањске групе израчунат помоћу програма Mega 4.0.1. (Kumar <i>et al.</i> , 2007) .....  | 148 |
| <b>Табела 53.</b> Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за 16S rRNA за све групе са вањском групом .....   | 148 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Табела 54.</b> Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за 16S rRNA за све врсте .....   | 148 |
| <b>Табела 55.</b> Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за COI без вањске групе израчунат помоћу програма Mega 4.0.1. (Kumar <i>et al.</i> , 2007) .....   | 149 |
| <b>Табела 56.</b> Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за COI за све групе са вањском групом .....  | 149 |
| <b>Табела 57.</b> Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за COI за све врсте .....  | 149 |
| <b>Табела 58.</b> Хаплогрупе и хаплотипови обрађених секвенци 16S rRNA и COI гена ...  | 156 |
| <b>Табела 59.</b> Просјечна генетичка удаљеност (p) између врста ± стандардна девијација унутар појединих врста код 16S rRNA .....   | 157 |
| <b>Табела 60.</b> Просјечна генетичка удаљеност (p) између врста ± стандардна девијација, унутар појединих врста код COI маркера .....   | 157 |
| <b>Табела 61.</b> Нуклеотидна разноликост врста код 16S rRNA и COI гена .....  | 158 |
| <b>Табела 62.</b> Просјечна генетичка удаљеност (p) између подврста ± стандардна девијација унутар појединих врста код 16S rRNA .....  | 159 |
| <b>Табела 63.</b> Просјечна генетичка удаљеност (p) између подврста ± стандардна девијација унутар COI .....   | 160 |
| <b>Табела 64.</b> Нуклеотидна разноликост подврста код 16S rRNA и COI гена .....   | 161 |
| <b>Табела 65:</b> Степен Еколошке Специјализација (ES) популација угрожених таксона ријечних ракова из Црне Горе и региона <i>Austropotamobius torrentium</i> , <i>Astacus astacus</i> , <i>Austropotamobius italicus meridionalis</i> .....   | 162 |
| <b>Табела 66.</b> Степен „HIPPO“ фактора популација угрожених таксона ријечних ракова из Црне Горе и региона <i>Austropotamobius torrentium</i> , <i>Astacus astacus</i> , <i>Austropotamobius italicus meridionalis</i> .....                 | 163 |
| <b>Табела 67.</b> Генетички фактор (GF) популација: <i>Austropotamobius torrentium</i> , <i>Astacus astacus</i> , <i>Austropotamobius italicus meridionalis</i> , ниво генетичке специфичности, приоритетне конзервационе јединице ECU + ..... | 164 |
| <b>Табела 68.</b> Процена ризика изумирања и приоритета заштите популација ракова из фам. Astacidae, помоћу модела ESHIPPO са и без генетичких фактора (GF) .....  | 165 |



| Слике   | стр. |
|---|------|
| Слика 1. Филогенетска систематика Astacidae (Scholtz, 2002) .....   | 10   |
| Слика 2. Распрострањеност породица Astacidae, Cambridae и Parastacidae (Hobbs, 1988) .....  | 10   |
| Слика 3. Распрострањеност аутохтоних слатководних ракова из породице Astacidae у Европи (Holdrich and Lowery, 1988) .....   | 11   |
| Слика 4. Пuteви ширења рачије куге у Европи (Ackefors, 1998) .....  | 13   |
| Слика 5. <i>Austropotamobius pallipes</i> .....   | 28   |
| Слика 6. <i>Austropotamobius torentium</i> .....  | 29   |
| Слика 7. <i>Astacus astacus</i> .....   | 30   |
| Слика 8. <i>Potamon fluviatilis</i> .....   | 31   |
| Слика 9. (а) укоријењено и (б) неукоријењено филогенетско стабло. Стрелице показују јединствени пут који води од коријена Р до таксономске јединице Д. (Преузето из Лиа 1997) ..... | 36   |
| Слика 10. Приказ филогенетских односа међу појединим таксономским јединицама филогенетског стабла .....   | 37   |
| Слика 11. Шематски приказ молекуле mtDNA; звјездицом су обиљежени гени за COI и 16S rRNA .....  | 39   |
| Слика 12. Карта Црне Горе са хидрографском мрежом .....   | 43   |
| Слика 13. Ријека Лим .....  | 45   |
| Слика 14. Локалитет на ријеци Лим .....   | 45   |
| Слика 15. Ријека Тара .....   | 46   |
| Слика 16. Ријека Ђехотина .....   | 46   |
| Слика 17. Ријека Црнојевића .....   | 47   |
| Слика 18. Црно језеро .....   | 47   |
| Слика 19. Дно Црног језера .....  | 48   |
| Слика 20. Вражје језеро .....   | 48   |
| Слика 21. Доњи ток ријеке Зете .....  | 49   |
| Слика 22. Дно доњег тока Ријека Зете .....  | 49   |



|  |    |
|--|----|
| Слика 23. Капино поље .....  | 50 |
| Слика 24. Раствовац .....  | 50 |
| Слика 25. Мокра њива .....   | 50 |
| Слика 26. Брезовачки мост .....  | 50 |
| Слика 27. Дубоки вир Глибавац .....  | 50 |
| Слика 28. Дукло .....  | 50 |
| Слика 29. Подводна вегетација у горњем току ријеке Зете .....  | 51 |
| Слика 30. Акумулација Крупац .....   | 51 |
| Слика 31. Акумулација Слано .....  | 52 |
| Слика 32. Акумулација Ливеровићи .....   | 52 |
| Слика 33. Шаско језеро .....   | 53 |
| Слика 34. Скадарско језеро .....   | 54 |
| Слика 35. Мјерана морфометријска обиљежја (Преузето из Sint <i>et al.</i> ,2005) .....   | 55 |
| Слика 36. Фотографија агарозног гела и продуката ланчане реакције полимеразом гена за 16S rRNA након електрофорезе и бојања у етидиј бромиду ..... | 64 |
| Слика 37. Распрострањеност Decapodnih ракова из породице Astacidae и Potamidae у Црној Гори .....  | 76 |
| Слика 38. Заступљеност врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у ријечи Лим .....   | 81 |
| Слика 39. Заступљеност врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у ријечи Тари .....  | 82 |
| Слика 40. Заступљеност врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у Ријечи Црнојевића ..   | 82 |
| Слика 41. Заступљеност врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у Црном језеру и ријечи Тихотини .....   | 82 |
| Слика 42. Заступљеност врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> у Вражјем језеру .....   | 82 |
| Слика 43. Процентуална заступљеност женки ријечног рака <i>Austropotamobius torrentium</i> .....   | 84 |
| Слика 44. Варијабилност анализираних морфометријских обиљежја код женки врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> .....                             | 86 |
| Слика 45. Варијабилност анализираних морфометријских обиљежја код мужјака врсте <i>Austropotamobius torrentium</i> .....                           | 86 |
| Слика 46. Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака мужјака <i>A. torrentium</i> (Root 1-Root 2) .....                             | 99 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Слика 47.</b> Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака мужјака <i>Austropotamobius torrentium</i> (Root 1-Root 3) .....  | 99  |
| <b>Слика 48.</b> UPGMA дендограм узорака мужјака (популације) <i>Austropotamobius orrentium</i> .....  | 100 |
| <b>Слика 49.</b> Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака женки <i>Austropotamobius torrentium</i> (Root 1-Root 2) .....  | 104 |
| <b>Слика 50.</b> Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака женки <i>Austropotamobius torrentium</i> (Root 1-Root 3) .....  | 105 |
| <b>Слика 51.</b> UPGMA дендограм узорака женки (популације) <i>Austropotamobius orrentium</i> .....  | 106 |
| <b>Слика 52.</b> Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака мужјака <i>Austropotamobius torrentium</i> (Root 1-Root 2) за четири популације .....                             | 106 |
| <b>Слика 53.</b> Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака мужјака <i>Austropotamobius torrentium</i> (Root 1-Root 3) за четири популације .....                             | 107 |
| <b>Слика 54.</b> UPGMA дендограм узорака мужјака за четири популације <i>Austropotamobiustorrentium</i> .....  | 108 |
| <b>Слика 55.</b> Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака женки <i>Austropotamobius torrentium</i> (Root 1-Root 2) за четири популације .....                               | 108 |
| <b>Слика 56.</b> Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака женки <i>Austropotamobius torrentium</i> (Root 1-Root 3) за четири популације .....                               | 109 |
| <b>Слика 57.</b> UPGMA дендограм узорака женки за четири популације <i>Austropotamobius orrentium</i> .....  | 110 |
| <b>Слика 58.</b> Процентуална заступљеност врсте <i>Austropotamobius pallipes</i> у доњем току ријеке Зете .....   | 113 |
| <b>Слика 59.</b> Процентуална заступљеност женки различитих дужинских група рака <i>Austropotamobius pallipes</i> .....  | 114 |
| <b>Слика 60.</b> Варијабилност анализираних морфометрских обиљежја код женки врсте <i>Austropotamobius pallipes</i> .....  | 116 |
| <b>Слика 61.</b> Варијабилност анализираних морфометрских обиљежја код мужјака врсте <i>Austropotamobius pallipes</i> .....  | 116 |
| <b>Слика 62:</b> Регресија врсте <i>A. pallipes</i> између дужине и тежине тијела. А- женке, Б- мужјаци .....  | 118 |
| <b>Слика 63:</b> Ц- Зависност између дужине тијела и дужине клијешта код мужјака <i>A. pallipes</i> , Д- Зависност између дужине тијела и дужине клијеста код женки <i>A. pallipes</i> ..... | 118 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Слика 64.</b> Процентуална заступљеност на ријечи Зети на 6 локалитета .....   | 122 |
| <b>Слика 65.</b> Процентуална заступљеност у акумулацији Ливеровићи на 2 локалитета .....   | 122 |
| <b>Слика 66.</b> Процентуална заступљеност у акумулацији Крупац на 2 локалитета ..  | 122 |
| <b>Слика 67.</b> Процентуална заступљеност у акумулацији Слано на 2 локалитета ....   | 122 |
| <b>Слика 68.</b> Процентуална заступљеност женки ријечног рака <i>Astacus astacus</i> на ријечи Зети .....  | 124 |
| <b>Слика 69.</b> Процентуална заступљеност женки ријечног рака <i>Astacus astacus</i> у акумулацијама Слано, Крупац, Ливеровићи .....                                       | 124 |
| <b>Слика 70.</b> Варијабилност анализираних морфометриских обиљежја код женки врсте <i>Astacus astacus</i> .....  | 127 |
| <b>Слика 71.</b> Варијабилност анализираних морфометриских обиљежја код женки врсте <i>Astacus astacus</i> .....  | 127 |
| <b>Слика 72.</b> Варијабилност анализираних морфометриских обиљежја код мужјака врсте <i>Astacus astacus</i> из Србије .....  | 131 |
| <b>Слика 73.</b> Варијабилност анализираних морфометриских обиљежја код женки врсте <i>Astacus astacus</i> из Србије .....  | 131 |
| <b>Слика 74.</b> Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака женки <i>A. torrentium</i> , <i>A. pallipes</i> и <i>Astacus astacus</i> (Root 1-Root 2) .....   | 139 |
| <b>Слика 75.</b> Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака мужјака <i>A. torrentium</i> , <i>A. pallipes</i> и <i>Astacus astacus</i> (Root 1-Root 2) ..... | 142 |
| <b>Слика 76.</b> UPGMA дендограм узорака мужјака и женки за све три врсте .....   | 143 |
| <b>Слика 77.</b> Заступљеност јединки врсте <i>Potamon fluviatilis</i> у Скадарском језеру .....  | 146 |
| <b>Слика 78.</b> Заступљеност јединки врсте <i>Potamon fluviatilis</i> у Шаском језеру .....  | 146 |
| <b>Слика 79.</b> Заступљеност јединки врсте <i>Potamon fluviatilis</i> у ријечи Бојани .....  | 146 |
| <b>Слика 80.</b> Заступљеност јединки врсте <i>Potamon fluviatilis</i> у ријечи Жељезници ....  | 146 |
| <b>Слика 81.</b> Регресија јединки из Скадарског језера .....   | 147 |
| <b>Слика 82.</b> Регресија јединки из Шаског језера .....   | 147 |
| <b>Слика 83.</b> Регресија јединки из ријеке Бојане .....   | 147 |
| <b>Слика 84.</b> Регресија јединки из ријеке Жељезнице .....  | 147 |
| <b>Слика 85.</b> Хаплогрупе и припадајући хаплотипови филограма 16S rRNA гена изграђеног МР методом .....   | 151 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Слика 86.</b> Хаплогрупе и припадајући хаплотипови филограма COI гена изграђеног МР методом .....            | 152 |
| <b>Слика 87.</b> Хаплогрупе и припадајући хаплотипови филограма 16S rRNA гена изграђеног Bayesian методом ..... | 154 |
| <b>Слика 88.</b> Хаплогрупе и припадајући хаплотипови филограма COI гена изграђеног Bayesian методом .....      | 155 |

## Дистрибуција, филогенија, екологија и конзервација ракова из фамилије Astacidae на подручју Црне Горе

### ИЗВОД

До данас је у свијету описано око 600 врста слатководних (Decapodnih) ракова из подреда Astacidae. На подручју Европе данас живи пет врста аутохтоних слатководних ракова из породице Astacidae: *Astacus astacus*, *Astacus leptidactylus*, *Astacus pachypus*, *Austropotamobius pallipes*, и *Austropotamobius torrentium*. Поред аутохтоних, данас живе и алохтоне врсте. Најчешће су то америчке врсте *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) такође из породице Astacidae. Све три врсте (*A. astacus*, *A. pallipes* и *A. torrentium*) заштићене су и на нивоу Европе: уврштене су на IUCN ову црвену листу угрожених врста (IUCN - International Union for Conservation of Nature) такође су уврштене и у Апендикс бр. III Бернске конвенције по којем је њихово искоришћавање под строгим контролом и надзором сваке државе (Taylor, 2002), а врсте *A. torrentium*, и *A. pallipes* су и у Директиви о стаништима Европске уније.

Циљ ове докторске дисертације био је анализирати популације различитих врста слатководних (Decapodnih) ракова са простора Црне Горе како би се добили подаци о њиховој дистрибуцији, екологији, као и да се одреде филогенетски и еволуцијски односи јединки врста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus* узоркованих са простора Хрватске, Србије и Црне Горе као и њихова процјена ризика изумирања и приоритети конзервације биодиверзитета акватичних екосистема.

Анализа је обухватила физичко-хемијске параметре вода у којима је забиљежено присуство слатководних (Decapodnih) ракова. Сваком уловљеном раку измјерено је 23 морфометриска обиљежја, која су описана стандардном дескриптивном статистиком (средња вриједност, мин-мах, стандардна девијација, коефицијент варијације,) Исте морфометриска обиљежја измјерена су код врсте *A. astacus* из језера Бусер-Србија и такође су описани стандардном дескриптивном статистиком. Подаци су затим нормализирани тако што им

је вриједност подијељена с одговарајућом посторбиталном дужином ( $POL=HEL+ARL$ ) и у резултатима који се односе на морфометриска обиљежја узимали смо у обзир само нормализиране улазне вриједности. За нормално дистрибуиране податке користили смо параметарски Т- тест како би смо упоредили разлике морфометријских обиљежја код мужјака и женки, а за мали број узорака радили смо Mann-Whitney U тест. Анализа варијансе (ANOVA) је коришћена да се види да ли постоје статистички значајне разлике између популација исте врсте, или различитих врста, собзиром да постоје разлике радили смо дискриминантну анализу (DA).

Филогенетске анализе :

Анализа методом највеће штедљивости (MP метода) - спроведена је употребом програма RAUP\* 4.0B10 (Swofford, 2001). За добијање филогенетских стабала анализирани су датотеке секвенци гена 16S rRNA и COI у nexus формату. Свака датотека састојала се од вишеструко сравњених секвенци појединог гена.. Статистичка анализа вјероватноће овако добијеног филогенетског стабла проведена је методом самоучитавања.

Анализа Bayesian методом (BA метода) - Bayesian анализа темељи се на сазнању о вјероватноћама које су процијењене на основу неког модела тзв. накнадним вјероватноћама. Bayesian анализа спроведена је помоћу програма MR. BAYES 3.1.1 (Ronquist i Huelsenbeck, 2003) употребом методе „Metropolis-coupled Markov Chain Monte Carlo“ која се темељи на низу независних претрага за скупом најбољих стабала. Урађене су абиотичке карактеристике станишта и то: географске, морфометријске, физичке и хемијске. Као и карактеристике популација: укупна бројност, полна структура (% женки и мужјака), узрасна структура и % репродуктивно способних женки по узрасним класама. Такође су приказани параметри и тростепена бодовна скала модела „ES-HIPPO“ (Simić *et al.*, 2007) која обухвата параметре: Еколошке Специјализације (ES): станиште, исхрану, репродуктивну стратегију, подлога, историју живота, величину тијела, ниво ендемизма и острвска изолација-изолација и „HIPPO“ факторе: измјене станишта, инвазивне врсте, загађење, раст хумане популације и прекомјерно искориштавање.

# **Distribution, phylogeny, ecology and conservation of crayfish of the family Astacidae in Montenegro**

## **SUMMARY**

Up to date, about 600 species of freshwater (Decapods) crayfish from Astacida suborders was described in the world. Today, five species of freshwater crayfish from the family Astacidae (*Astacus astacus*, *Astacus leptidactylus*, *Astacus pachypus*, *Austropotamobius pallipes* and *Austropotamobius torrentium*) lives in Europe. Besides to autochthonous, now there are allochthonous species living there. They are mainly American species *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) also from the family Astacidae. All three species (*Astacus astacus*, *A. pallipes* and *A. torrentium*) are protected at European level: listed on IUCN Red List of threatened species (IUCN - International Union for Conservation of Nature) and they are also having been included in Appendix no. III of the Bern Convention by which their exploitation is under strict control and supervision of each state (Taylor, 2002), and type *A. torrentium*, and *A. pallipes* are in the Habitats Directive of the European Union. The goal of this dissertation was to analyze the populations of different species of freshwater (Decapods) crayfish from Montenegro in order to obtain information on their distribution, ecology, and to determine the phylogenetic and evolutionary relationships between individuals of species *A. torrentium*, *A. pallipes* and *A. astacus* sampled from Croatia, Serbia and Montenegro as well as their assessment of extinction risk and conservation priorities for biodiversity in aquatic ecosystems. The analysis included physically-chemical parameters of waters where was registered the presence of freshwater (Decapods) crayfish. For each caught crayfish 23 morphometric feature were measured and described by standard descriptive statistics (medium value, min-max value, standard deviation, and coefficient of variation). Same morphometric characteristics have been measured for the species *A. astacus* from the lake Buser-Serbia and they have also been described by the standard descriptive statistics. The data were then normalized on the way that their value was divided by the corresponding postorbital length ( $POL = + HEL ARL$ ) and the results related to the morphometric characteristics were taken into account only the normalized in-

put values. For normally distributed data we used the parametric T-test to compare differences of morphometric characters for males and females, and for a small number of samples we have been used Mann-Whitney U test. Variance analysis (ANOVA) was used to establish whether there are statistically important differences between populations of the same species or different species. Considering that there were differences, we worked discriminate analysis (DA).

Phylogenetic analysis:

Analysis by method of *maximum parsimony* (MP method) - was conducted by using program PAUP \* 4.0b10 (Swofford, 2001). In order to obtain phylogenetic trees, files of gene sequences of 16S rRNA and COI in nexus format were analyzed. Each file was consisted of razing of multiple sequences of individual genes. Statistical analysis of probability of the proposed phylogenetic tree was conducted by self-loading.

Bayesian analysis method (MK method) - Bayesian analysis is based on the knowledge of the probabilities that are estimated on the basis of a so-called models - subsequent probabilities. Bayesian analysis was performed by program MR. Bayes 3.1.1 (Ronquist and Huelsenbeck, 2003) using the method „Metropolis-coupled Markov Chain Monte Carlo” which is based on a series of independent analyses with the best set of trees. Abiotic characteristics of habitat have been performed, such as: geographic, morphometric, physical and chemical as well as the population characteristics: total number, gender structure (% of females and males), age distribution and percentage of reproductive age females by age classes. Also the parameters and the three-stage model scale “ES-HIPPO” (Simic *et al.*, 2007), which includes parameters: Ecological specialization (ES): habitat, diet, reproductive strategy, substrate, life history, body size, level of endemism and island isolation and isolation - ”HIPPO” factors: habitat change, invasive species, pollution, human population growth and overexploitation.



## 1. УВОД

До данас је откривено и описано више од 600 врста слатководних десетоногих ракова из подреда Astacidae, подијељених у двије надпородице и три породице (Holdich, 2002). Највећа бројност врста и подврста Astacidae забиљежена је у Сјеверној Америци (77 %) и у Аустралији (20 %), док око 1,5 % отпада на врсте у Јужној Америци односно Европи (Holdich, 2002; Taylor, 2002). Интерес за слатководне ракове као предмет научног проучавања започео је 1879. године, када је Huxley објавио прво издање књиге „ The crayfish – An introduction to the study of zoology“. Од тада па до данас у Европи су ракови проучавани са различитих аспеката и објављен је приличан број радова и књига, а научници (астаколози) који их проучавају су удружени у међународну групу IAA (International Association of Astacology).

Систематика:

Кољено: ARTHROPODA - чланконошци

Поткољено: CRUSTACEA -ракови

Ред: DECAPODA -десетероношци

Подред: ASTACIDA

Надпородица: ASTACOIDEA

Породица: CAMBARIDAE

Породица: ASTACIDAE

Род: *ASTACUS*

Врста: *ASTACUS ASTACUS*

Род: *AUSTROPOTAMOBIOUS*

Врста : *AUSTROPOTAMOBIOUS PALLIPES*

Врста : *AUSTROPOTAMOBIOUS TORRENTIUM*

Породица: POTAMIDAE

Род: *POTAMON*

Врста: *POTAMON FLUVIATILIS FLUVIATILIS*

Врста: *POTAMON IBERICUM*

## 1.1. ПОРОДИЦА ASTACIDAE

Породица Astacidae припада надпородици Astacoidea и садржи три рода и два подрода. Надпородица Astacoidea заједно с надпородицом Parastacoidea чини подред Astacidae који припада најбројнијем реду унутар поткољена Crustacea – реду Decapoda, десетероноги (Holdich, 2002). На подручју Европе данас живи пет аутохтоних врста слатководних ракова из породице Astacidae: *Astacus astacus* (ријечни или племенити рак), *Astacus leptodactylus* (дунавски, турски или барски рак) и *Astacus pachypus* те *Austropotamobius pallipes* (бјелоноги или приморски рак) и *Austropotamobius torrentium* (рак камењар или поточни рак) (Holdich *et al.*, 1999). Како је бројност аутохтоних популација европских Astacidae у сталном опадању услијед епизоотије рачје куге (узрочник је гљивица *Aphanomyces astaci*), уношења агресивнијих америчких врста намијењених узгоју (аквакултури), неконтролисаног излова и загађења водених токова, у Европи већ дуги низ година постоје узастопна истраживања и узгој као посљедица њиховог нестајања. (Skurdal и Taugbøl, 1994; Holdich и Lowery, 1988). Истраживања распрострањености породице Astacidae у Хрватској (Maguire и Gottstein-Matošec, 2004) потврдила су постојање четири врсте у њиховим водама: *Astacus astacus*, *A. leptodactylus*, *Austropotamobius pallipes* и *A. torrentium*. Такође је забиљежено присуство алохтоне америчке врсте *Orconectes limosus* на подручју Копачког рита. У Црној Гори забиљежено је присуство три врсте и то: *Astacus astacus*, *Austropotamobius pallipes* и *Austropotamobius torrentium*.

## 1.2. ПОРОДИЦА POTAMIDAE

Представници ове фамилије живе у Азији, Африци и у областима Средоземља. Ове крабе се срећу у слатким водама ријетко у сланим и бочатним водама. Поточне крабе су у знатној мјери независни од водене средине па се често налазе при обали, у влажној средини испод камења, лишћа и слично. Понеки се сријећу и више километара далеко од најближе воде. У средоземљу се налази род *Potamon*, у Македонији постоје двије врсте

овог рода и то: *Potamon fluviatilis* и *Potamon ibericum* (Karaman 1976). Код нас у Црној Гори распрострањена је само врста *Potamon fluviatilis*. Ова врста је распрострањена у Италији, од језера Гарда на сјеверу, до Сицилије на југу, и на западном дијелу Балканског полуострва - од јужне Далмације преко Црне Горе, Албаније, Македоније до Грчке на југу. У Македонији се сријеће у околини Охридског језера и у сливу ријеке Дрим. На Албанској страни језера ово је честа врста (Karaman, 1976).

### 1.3. ЛИТЕРАТУРНИ ПРЕГЛЕД

Као што је већ речено у уводном дијелу, слатководни ракови су људима занимљиви од давнина (Westman, 1991). Комерцијално интересантније врсте (нпр. *A. astacus*, *A. leptodactylus*) су боље проучене (Skurdal и Taugbøl, 2002) од економски мање важних врста (нпр. *A. torrentium*, *A. pallipes*) (Laurent, 1988). Уопште, у најновијем издању “ Biology of freshwater crayfish” (Hodich, 2002) обрађена је проблематика Astacidae из различитих аспеката. Укратко су по поглављима изнешене најновија сазнања о морфологији (Hodich, 2002), филогенији и еволуцији (Scholtz, 2002), анатомији (Vogt, 2002), расту и репродукцији (Reynolds, 2002), екологији (Nyström, 2002), таксономији и заштити аутохтоних врста (Taylor, 2002), понашању (Gherardi, 2002), генетичкој варијабилности (Fetzner и Crandall, 2002), физиологији (McMahon, 2002), узрочницима болести, паразитима и коменсалима (Evans и Edgerton, 2002), имунологији (Söderhal и Söderhal, 2002) и раковима од комерцијалног значења - родови *Astacus* (Skurdal и Taugbøl, 2002).

### 1.4. ФИЛОГЕНИЈА И ЕВОЛУЦИЈА ASTACIDAE

Више од стотину година астаколози расправљају о поријеклу слатководних ракова да ли им је заједничко филогенетско поријекло и како су населили слатке воде (Holdich, 2002). Поједини аутори предпостављају полифилетски односно у више независних наврата насељавања ракова из мора у воде на копну (Huxly, 1880; Bott, 1950; Starobogatov, 1995),

а други монофилетски и једнократно насељавање ракова у копнене воде (Scholtz, 2002). Чињенице које подупиру полифилију и вишекратни улазак предака Astacidae у воде на копну, с различитих аспеката, јесу:

- Зоогеографски: Astacoidea настањују сјеверну полулопту, а Parastacoidea јужну. Раздвојени су циркумтропским подручјем у којем их уопште нема. То поткрепљује теорију о барем два независна (на јужној полулопти Parastacoidea, а на сјеверној Astacoidea ) насељавања у копнене воде (Huxley, 1880; Starobogatov, 1995).

- Морфолошки: Постојање гонопода код мужјака Astacoidea и непостојање гонопода код мужјака Parastacoidea указује на независно поријекло од различитих морских предака.

- Онтогенски: Јувенилни Astacoidea посједују кукице на врховима клијешта (1. переоподи), а јувенилни Parastacoidea посједују кукице на врху 4. и 5. переопода. Обје структуре имају исту улогу - прихватање јувенилних ракова за плеоподне длаке мајке, али њихово другачије поријекло опет указује на засебност и независност Astacoidea и Parastacoidea.

#### 1.4.1. Монофилија Astacidae

Супротно теорији полифилетског поријекла Astacidae постоји и монофилетска теорија, (Ortman, 1902). Он је истицао заједничку сличност свих Astacidae и развио теорију о заједничком постанку и насељавању слатководних ракова. Постанак и расељавање слатководних ракова према (Ortman, 1902) (монофилетско поријекло) је класична и још увијек широко прихваћена теорија: Astacidae вуку поријекло од морских животиња које су се полако населиле у водама на копну, а неке још и данас добро подносе повишени салинитет. Вјеројатно су животиње повремено улазиле у копнене воде, па онда сезонски мигрирале, да би се на крају тамо стално населиле. Још и данас неке врсте мигрирају сезонски - нпр. Орегонска обала, САД - врста *Pacifasacus leniusculus trowbridgii* (Hobbs, 1988). Прошло је више од 150 000 000 година од када су ракови почели насељавати слатке воде, а вјеројатно им је највећа препрека била како прилагодити ембрионални развитак

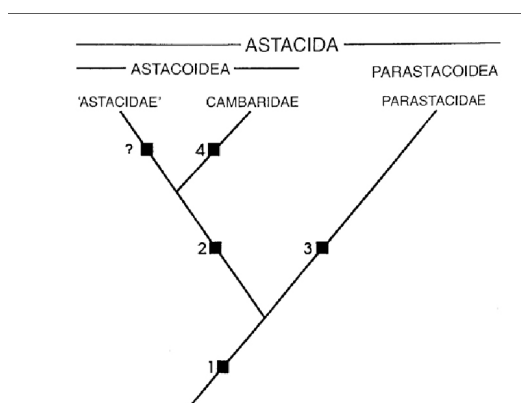
новим условима; наине за ембрионални развитак и ране ларвене облике требало је морско окружење. Како би ријешили тај проблем ракови су почели производити мањи број јаја с више жуманцета како би по излијегању из јаја изашао јувенилни рак, а не ларва. Кад је та карактеристика уврштена у њихов геном (вјеројатно краја Мезозоика) прапреци Astacidae су постали потпуно независни о морској води и потпуно су се прилагодили животу у копненим водама.

Scholtz, (2002) је исто тако нашао мноштво особина код Astacidae које указују на монофилетско поријетло. Ембрионални развитак у Astacoidea и Parastacoidea је специфичан. Имају карактеристичну гаструлацију, необичну за јаја с пуно жуманцета, а инвагинација је с великим бластопором и великим округлим ендодермалним листићем од којег се развија средње цријево. Карактеристике јувенилних ракова, као што је посједовање свих тјелесних наставака осим првих плеопода и уропода, непостојање слободне ларве (типичне за десетероноге ракове) затим уроподи који се појављују након другог (постембрионалног) пресвлачења, јувенилни ракови (први постембрионални ступањ) који су причвршћени за плеоподе мајке помоћу телзонске нити и јајне опне и на крају постојање телзонске нити (заправо ембрионална кутикула коју одбацују након излијегања) које постоје само у породици Astacidae, Cambaridae и Parastacidae, опет указују на монофилетско поријекло Astacidae. Неке карактеристике адултних ракова (нпр. ултраструктура сперматозоида, организација и неуро-везе нервног система, број режњева у деутероцеребрumu), као и резултати истраживања на молекуларном нивоу исто тако указују на монофилију (Crandall *et al.*, 2000)

#### 1.4.2. Филогенетска систематика Astacidae

Scholtz, (1999) је користећи филогенетску методологију, закључио да су Astacidae и Parastacidae сестринске скупине. У скупини Astacoidea разликујемо двије породице - Astacidae и Cambridae, а у Parastacoidea једну, Parastacidae. Већина таксона је монофилетског

поријекла Crandall *et al.*, (2000), а једино су Astacidae, код којих нису нађене апоморфне (изведене) особине, парафилетска група. Astacidae показују у многим аспектима плезиоморфни (наследни, стари) облик понашања, развоја и морфологије па су вјероватно парафилетска група. Да би се то потврдило потребна су даља истраживања (Scholtz, 1999) (слика 1).



Слика 1. Филогенетска систематика Astacidae (Scholtz, 2002).

## 1.5. РАСПРОСТРАЊЕНОСТ ASTACIDAE

### 1.5.1. Распрострањеност у свијету

Надпородица Astacoidea је распрострањена на сјеверној полулопти (Азија, Еуропа и Сјеверна Америка), а Parastacoidea на јужној (Мадагаскар, Јужна Америка, Аустралија) (слика 2).



Слика 2. Распрострањеност породица Astacidae, Cambaridae и Parastacidae (Hobbs, 1988)

Природна распрострањеност Astacoidea и Parastacoidea је данас у многим земљама промијењена. Људи селе врсте из подручја њиховог првобитног распрострањења у друге дјелове земље или чак на друге континенте у сврхе аквакултуре или интродукције због “обогаћивања” аутохтоне фауне (Gherardi и Holdich, 1999). Како су, често, алохтоне врсте физиолошки и понашањем прилагодљивије а неке и екстремно инванзивне, у конкуренцији за храну и простор брзо се шире и кад уђу у ново подручје (Gherardi и Holdich, 1999) потискују аутохтоне врсте и њихов опстанак је угрожен (Taylor, 2002).

### 1.5.2. Распрострањеност у Европи

На подручју Европе данас живи пет врста аутохтоних слатководних ракова из породице Astacidae: *Astacus astacus* (ријечни или племенити рак), *Astacus leptodactylus* (дунавски, турски или барски рак), *Astacus pachypus*, *Austropotamobius pallipes* (бјелонози или приморски рак) и *Austropotamobius torrentium* (рак камењар или поточни рак) (слика 3).



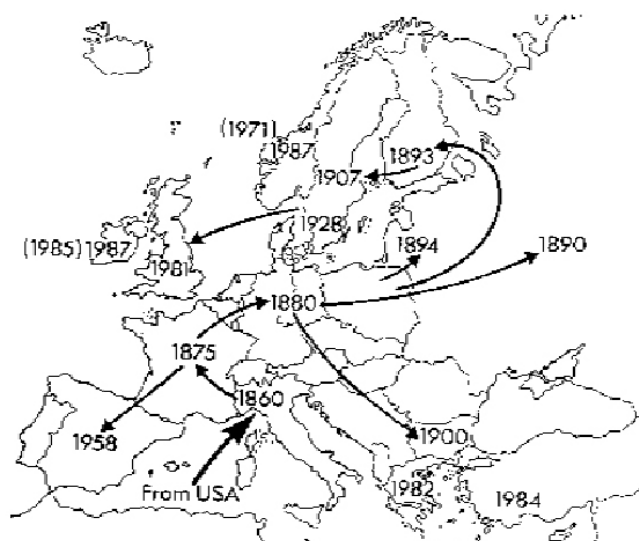
Слика 3. Распрострањеност аутохтоних слатководних ракова из породице Astacidae у Европи (Holdrich and Lowery, 1988).

Филогенетски млађи род *Astacus* распрострањен је кроз цијелу Европу изузев Иберијског полуострва. Ареал рода *Astacus* се простире на исток до Русије, на сјевер до Скандинавије, југ до Турске, и на западу до Француске. Род *Austropotamobius* има мањи ареал, границе су му Балканско полуострво на истоку, Британска острва на сјеверу, Италија на југу и Иберијско полуострво на западу (Hobbs, 1988).

Према неким ауторима (Birstein и Vinogradov, 1934; Karaman, 1961; Brodsky, 1977) велику улогу у распрострањењу европских ракова има Понто-Каспијски базен одакле су се ракови породице Astacidae слојевито распрострањивали према западу. Слојевито распрострањење ракова објашњава Зенкевичева теорија пулсирања салинитета у Понто-Каспијском базену (Karaman, 1961). Ракови који су се развијали у вријеме када је салинитет био нижи, након промјене салинитета морали су се повлачити према ушћима, у слатке воде. Раздобљу ниског салинитета услиједило је раздобље високог салинитета у којем су се развијале нове врсте ракова, које ће поновно бити присиљене напустити Понто -Каспијски базен услијед нове промјене салинитета. Тако се данас врсте *A. leptodactylus* и *A. pachypus* још увијек налазе у Азији и источној Европи док је врста *A. pallipes* стигла и до најзападнијих дијелова Европе. Стога се може закључити да је род *Austropotamobius* филогенетски старији од рода *Astacus*. Филогенетски данас најстарија врста породице Astacidae је врста *A. pallipes* која се у терцијару (миоцену), када нису постојале баријере попут Алпа и Пиринеја, распространила по цијелом европском копну. Касније се из Понто - Каспијског базена почела ширити врста *A. torrentium* потискујући испред себе врсту *A. pallipes*, која се сачувала тамо гдје је млађа и виталнија врста *A. torrentium* није могла потиснути због недостатка водених путова. Филогенетски млађи род *Astacus* распрострањен је источније од рода *Austropotamobius*. Данас је врста *A. astacus* распрострањена у источној, средишњој и сјеверним дијеловима Европе, *A. leptodactylus* углавном у Азији и источној Европи иако је унешена и у друге европске земље и шири се природним воденим путевима на запад. *A. pachypus* се задржава око Каспијског језера, Црног и Азовског мора, *A. torrentium* у средишњој и југо-источној и западној Европи и *A. pallipes*, који се појављује у Јужној и Западној Европи, укључујући



и Британска острва (Holdich и Lowery, 1988) (слика 3). У Еуроци, осим аутохтоних, данас живе и алохтоне врсте. Најчешће су то америчке врсте *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) такође из породице Astacidae, затим припадници породице Cambridae: *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) и *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) и неке врсте аустралског рода *Cherax* (Erichson, 1846) из породице Parastacidae. Америчке врсте унешене су у 19. и 20. вијеку због узгоја, а касније како би обновиле рачјом кугом погођене популације аутохтоних врста (Ackefors, 1998; Holdich, 2003). Тада се знало да су америчке врсте отпорне на узрочника рачје куге – гљивицу *Aphanomyces astaci*, (Schikora, 1906; Alderman и Polglase, 1988), али се није знало да су управо они и пријеносници. У Хрватској се рачија куга појавила око 1910 године (Plančić, 1973). Због тога се интродукција убрзо показала лошом (Holdich *et al.*, 1995; Rogers и Holdich, 1998; Peay и Rogers, 1998). Осим што помажу у ширењу рачје куге, неке америчке врсте су и агресивније од аутохтоних европских врста па их у конкуренцији за простор и храну истискују из њихових станишта, а како брзо расту и размножавају се, практично их је немогуће контролисати (Lowery и Holdich, 1988; Laurent, 1988; Taylor, 2002). Епизоотија болести назване рачја куга избила је 1860. у Италији одакле се брзо и лако проширила по цијелој Евроци. (Ackefors, 1998). (слика 4).



Слика 4. Путеви ширења рачије куге у Евроци (Ackefors, 1998).

### 1.5.3. Распрострањеност у Словенији

У Словенији су нађене 3 врсте аутохтоних ракова и то: *Astacus astacus*, *Austropotamobius torrentium*, *Austropotamobius pallipes*, а од алохтоних забиљежене су: *Pacifastacus leniusculus* и *Cherax quadricarinatus*.

*A. torrentium*, је једна од три домаће врсте ријечног рака (Astacidae) у Словенији. Распрострањен је у сливу ријеке Дунав: притоке Саве, Драве и Муре, а знатно најгушћи је у потоку код Цершака. Његова појава у јадранском сливу је ограничена на слив Идрице (Bertok *et al.*, 2003, 2004). У Словенији, ова врста је угрожена и као таква се појављује у Правилнику о разврставању угрожених биљних и животињских врста у Црвену листу и заштићен је Уредбом о заштити дивљих животињских врста. (Teylor, 2002) Такође се налази у додацима Директиве о стаништима ЕУ, гдје је дефинисан као приоритна врста (Bedjanič, 2004). Око 140 година, прије појаве рачије куге *A. astacus* је био заступљен у великом броју и био је господар словеначких вода. Из ријеке Крке тада су ракови ловљени и служили као храна у царском двору. Појавом рачје куге почетком 20. вијека преполовила се популација ракова посебно *A. astacus* и никада се више није опоравила. *A. astacus* је распрострањен у јужном дијелу Словеније. Чест је у вишим потоцима на Горичкем, присутан па је такође и у неколико шљунковитих вода поред ријеке Муре *A. pallipes* такође присутан у водама Словеније. Појављује само у Јадранском дијелу укључујући подручје Ријеке на рубу Краса и Випавске долине.

### 1.5.4. Распрострањеност у Хрватској

Досадашњим истраживањима утврђене су четири аутохтоне врсте ракова и то: *Austropotamobius pallipes*, *Austropotamobius torrentium*, *Astacus astacus* и *Astacus leptodactylus* (Maguire и Gottstein Matočec, 2004.), и двије алохтоне инвазивне врсте : *Pacifastacus leniusculus* - сигнал рак и *Orconectes limosus* – бодљобради рак поријеклом из Сјеверне Америке (Maguire и Kloбуџар, 2003); (Maguire *et al.* ,2008; Faller *et al.*, 2009). Врста *A. astacus*

је у Хрватској распрострањена у водама савског и дравског слива, а унесен је и у поједине ријеке јадранскога слива. Дистрибуција *A. pallipes* је ограничена на језера и ријеке који припадају басену одводних вода Јадранског мора (од сјеверозапада до југоистока Хрватске). То је кречњачко подручје са комплексом хидрогеолошке структуре и са слатким водама које су незагађене и чији супстрат је састављен од стијена, камења и шљунка. Бјелоноги ракови су углавном нађени дуж обала гдје је ток воде спорији и гдје су акватичне биљке бројне. (Maguire и Gottstein Matočec, 2004). Распрострањење врсте *A. torrentium*, забиљежен је у ријекама савског слива, али је утврђена његова присутност и у неколико потока јадранског слива (притоке Зрмање и Крке). Врсте *A. astacus*, *A. torrentium* и *A. pallipes* су заштићене Законом о заштити природе (Н.Н. 70/05; 139/08) што значи да се несмију ловити нити узнемиравати, а за свако научно проучавање потребно је прибавити посебну дозволу Министарства културе. Све три врсте уврштене су у апендикс бр. III Бернске конвенције по којем је њихово искориштавање под строгом контролом и надзором сваке државе, а *A. torrentium* и *A. pallipes* уврштени су и у Директиву о стаништима Европске уније. (Holdrich *et al.*, 2011). Последњих десетак година Astacidae у Хрватској релативно су добро истражене како дистрибуција, биологија тако екологија. (Maguire *et al.*, 2011). Распрострањеност Astacidae проучавали су и забиљежили Grube (1861), Šoštarić (1888), Car (1901), Караман, (1929, 1961, 1962) и у новије вријеме Delić, (1993), Brusina, (1995); Kranjčev, (1995); Maguire и Gottstein Matočec, (2004) и Maguire *et al.*, (2011). О биологији врста и узгоју пише Plančić (1973) и Obradović (1988), а Obradović (1984) се бави и проблематиком назива ракова из породице Astacidae. Obradović *et al.*, (1987, 1989) су проучавали угроженост врсте *A. torrentium* у природном станишту, а Sekulić *et al.*, (1987, 1989) су покушали процијенити удио егзоскелета *A. torrentium* у укупној тежини животиња различите величине. Ras *et al.*, (1987) су описали еколошке параметре природног станишна *A. torrentium*, док су (Sekulić *et al.*, 1987) описали особине зимског станишта исте врсте.

*P. leniusculus* 1959. године први пут унесен у Европу (Шведска), шездесетих година 20-тог вијека унесен је у Финску, касније је илегално унесен у Француску и Аустрију.

У Хрватској је први пут забиљежен у децембру 2008 године у Мури и очекује се његово низводно ширење у Драву (Hudina *et al.*, 2009). *O. limosus* је 1890. године унесен у Европу с намјером аквакултуре. У Хрватској је први пут нађен 2003. године на подручју Парка природе Копачки рит у који је дошао Дунавом из Мађарске (Maguire и Kloбуџар, 2003), одакле се проширио у Драву и започео са инвазијом узводно (Faller *et al.*, 2009), а очекује се његово ширење и у Саву.

### 1.5.5. Распрострањеност ракова у Босни и Херцеговини

Слатководни десетоноги ракови из породице Astacidae, и ако су законом заштићени, још увијек нијесу довољно истражени у Босни и Херцеговини, (Karaman, 1929). Почетком 80-тих година овога вијека на подручју Босне и Херцеговине биле су познате четири врсте десетероногих ракова из породице Astacidae; *Astacus astacus*, *Astacus leptodactylus*, *Austropotamobius torrentium* и *Austropotamobius pallipes*. Недавна истраживања такође су потврдила присутност те четири врсте, (Трожић-Воговац, 2011). Врста *A. torrentium* је пронађена у притоке ријеке Босне и Уне. Док је врста *A. pallipes* распрострањена у ријечи Неретви и дијелом у сливу ријеке Уне и Цетине. У Борачком језеру је формирана и језерска и речна популација. *A. astacus* је густо насељен у басену ријеке Дрине (како ријечна тако и језерска популација), али се јавља и у притокама ријеке Босне и Саве. *A. leptodactylus* нађен је само на два мјеста: у Сави (Брчко подручје) и Миљацке (узводно од Сарајева). Алохтоне врсте нису још забиљежене у слатководним стаништима Босне и Херцеговине. (Трожић-Воговац, 2011). Према подацима њихово појављивање се очекује у БиХ преко подручја ријеке Саве. (Maguire и Gottstein- Matočec, 2004; Simić *et al.*, 2008).

### 1.5.6. Распрострањеност ракова у Србији

У Србији су распрострањене четири врсте аутохтоних ракова: *Astacus leptodactylus*, *Astacus astacus* и *Austropotamobius torrentium* као и једана неаутохтона врста, *Orconectes*

*limosus*. Према резултатима истраживања које обухватају анализе података из 60-годишњег раздобља, *A. astacus* је најугроженија врста ракова у Србији. Фактори који утичу на смањење популације ове врсте су: загађење, фрагментација станишта, болести, такмичење са *A. leptodactylus*, као и изолације популација. Према IUCN, критеријумима ступањ угрожености *A. torrentium* у Србији је из “рањиве” категорије “VU” (IUCN 2006) пребачена у “DD” (IUCN 2010) (Taylor, 2002). Међу природним популацијама ракова, најмање негативне промјене утврђене су у популацијама *A. leptodactylus* је проширио своје подручје дистрибуције од Дунава на друге воде у Србији (Морава). Посљедњих пет година, у Дунаву ракови су угрожени продором америчког ријечног рака *O. limosus*.

### 1.5.7. Распрострањеност ракова у Црној Гори

Истраживања Astacidae у Црној Гори рађено је уназад десет година. Систематику ракова описао је Karaman (1929). По доступним подацима из литературе се може видјети да о овој групи ракова из водених екосистема Црне Горе има јако мало података и они се односе на присуство, распрострањење, (Karaman, 1961, 1976), као и на оптималне еколошке услове *A. astacusa* за њихов развој (Rajković, 2004), и одрживо коришћење популације *A. astacusa* (Rajković, 2007). Сва истраживања су почела 2002, и забиљежено је присуство три врсте слатководних ракова из породице Astacidae и то: *A. astacus* врста која се неконтролисано искоришћава у комерцијалне сврхе, а присутна је у околини Никшића. *A. pallipes* врста распрострањена у централном дијелу Црне Горе у доњем току ријеке Зете. Врста *A. torrentium* распрострањен у већини ријека у Црној Гори на већим надморским висинама, мада је нађен на надморској висини од 40 m у Ријеци Црнојевића. Осим ове три врсте Decapodnih ракова из породице Astacidae нађена је и врста *P. fluviatilis* из породице Potamidae такође Decapodni слатководни рак који је распрострањен у екосистемима који имају непосредни контакт са Јадранским морем, (Karaman, 1976).

## 1.6. ФУНКЦИОНАЛНА МОРФОЛОГИЈА И АНАТОМИЈА

Иако све Astacidae имају заједничке основне морфолошке особине, ипак су се, захваљујући насељавању различитих станишта, развиле и ознаке које их међусобно разликују ( Holdich, 2002), тако да су данашње врсте врло разнолике - по величини тијела, начину живота, дужини живота итд., нпр. *Astacopsis gouldi* с Тасманије нарасте и до 1 м дужине, а може тежити и до 10-ак kg. Живи дуго, а женке полну зрелост достижу тек у 14.-ој години живота. Врста *Gramastacus sp.* из Аустралије пак нарасте свега неколико центиметара и тежине неколико грама.

### 1.6.1. Морфологија Astacidae

Током еволуције Crustacea дошло је до тагматизације колутића па им се број смањио с 50-так (нижи ракови) на 20-так (виши ракови-Malacostraca). Тјелесни наставци на тагмама су се у исто вријеме специјализовали за различите функције; на прсима за храњење, покретање и дисање, а на крају за пливање и репродукцију. План грађе тијела Astacidae је типичан за више ракове (Malacostraca). Malacostraca имају 20 колутића (сегмената) у ембрионалној фази и они су изворишни облик за развој мноштва основних варијација. Опште карактеристике Malacostraca су: карапакс (кожни набор или кора) који се с леђне стране продужује постериорно како би заштитио и покрио торакс, помичне штапкасте очи, дводјелне антенуле, егзоподит антена у облику љуске, переоподији с добро развијеним бичастим егзоподтима, добро развијен абдомен с јаким мишићима који омогућују снажно и брзо покретање. Репна пераја се састоји од уропода и спљоштеног телзона, а унутрашњи органи већином нису смјештени у абдомену (Hessler *et al.*, 1982). Доњи станични епидерм (хиподерм) излучује око тијела хитинску кутикулу која је инкрустирана вапненцем и чини јак вањски скелет (егзоскелет) на којем често израсту длаке, четине или бодље. Због тог тврдог скелета ракови не могу континуирано расти већ се раст одвија непосредно након пресвлачења када је оклоп још мекан. Периодично одбацивање оклопа и обликовање новог

---

условљен је великим промјенама у метаболизму минералних и органских материја у тијелу рака. Сви ти физиолошки процеси врше се под утицајем нервног система и хормона што га излучују неуросекреторне ћелије жлијезда које се налазе у глави (Y-жлијезда) и очним штапићима (X-орган и синусна жлијезда).

Тијело је подијељено у двије одвојене цјелине - главенипршљени (цефалоторакс) и задак или абдомен (плеон). Главени дио је састављен од 5 колутића цефалона (цефаломера) и 8 колутића торакса (торакомера или переомера, од чега су три заједно с удовима које носе спојени с главом), а абдомен од 6 сегмената (плеомере) повезаних флексибилном некалцифицираном артикуларном мембраном. На врху главе налази се главени шиљак (рострум) који је различитог облика. На глави су исто тако и два пара антена (антенуле и антене) које служе као органи чула (чуло мириса, чуло за равнотежу и додир) или за кретање и придржавање хране. О првобитној сегментацији главопршњака можемо закључити на темељу прегледа тјелесних привјесака (усних органа и ногу) на вентралној страни животиње. Усне органе чини горња чељуст (мандибула) и два пара доњих чељусту (максилула и максила) које су много слабије од горње и само помажу при гризењу хране. Имају осам пари прсних ногу од чега су прва три пара приклопљена глави и чине чељусне ноге (максилепедији) које помажу при исхрани и пет пари покретачких ногу (переоподији) којима ходају. Први пар переоподија (или више пари) имају крајеве преображене у клијешта. Женке имају полни отвор у куку трећег пара ногу за ходање, а мужјаци у куку петог пара ногу за ходање. Ноге на крају тијела (задње ноге или плеоподији) су двогране грађе и служе за пливање, а код мужјака су прва два пара претворена у органе за копулацију. Код женки је први пар редукован, а парови од 2-5 имају улогу при ношењу јаја. Шести пар је модификован у уропод који заједно с телзоном чине репну перају. Крапакс је развијен и на леђној страни спојен с переоном, одакле се са сваке стране спушта по један набор, па настају простране шупљине, шкржне шупљине унутар којих су шкрге. Струјање воде у усној шупљини ради њезине измјене производе посебни уређаји који су посебно развијени на огранцима других чељусних ногу. Њиховим махањем кроз усну шупљину пролази струја

воде одострага према напријед, а могу и измијенити смјер струјања воде, од напријед према назад. Имају 18 функционалних пари шкрга; 6 пари подобранхија причвршћених за коксу переоподија, 11 пари артробранхија насталих из мембране која повезује коксу переоподија и тјелесну стјенку, 1 пар плеуробранхија насталих из постране тјелесне стјенке переомера.

Унутрашњи скелет ракова, који је заправо шупљи орган егзоскелета, служи за придржавању унутрашњих органа и мишића.

### 1.6.2. Анатомија Astacidae

Мишићи – Сви мишићи су попречно пругасти (и скелетни и висцерални и срчани). Причвршћени су или за егзоскелет и ендоскелет или за хитинске наставке егзоскелета. Покретање се одвија помоћу мишића флексора и екстензора који се називају према дијеловима тијела у којима се налазе.

Органи за дисање - Како имају дебели калцифицирани егзоскелет који онемогућује измјену гасова преко површине коже, развили су шкрге - посебне епителне структуре, велике респираторне добро прокрвљене површине. Грађене су од централне осе која је окружена с 300 бранхијалних филамената. Велика пермеабилност шкрга помаже и за уклањање амонијака као главног дисајног остатка распадања материје, но исто тако омогућује стални пасивни одлив јона из хипертоничне хемолимфе. Како би се компензирао губитак јона, ракови у шкргама имају посебни епител који активно транспортује јоне натраг у хемолимфу против осмотског притиска. Исто тако, због високог осмоцког притиска хемолимфе, вода непрестано пасивно улази у хемолимфу. Вишак воде уклањају антеналне жлијезде. Дакле, шкрге, заједно с антеналним жлијездама и пробавилом, осигуравају осмотску, екскреторну и ацидо-базну хомеостазу у организму ракова.

Крвни систем је добро развијени а састоји се од срца, артерија, капилара, затона и синуса. Срце је кратка мишићна, једнодијелна, шестерокутна врећица смјештена у перикардијалном синусу и није целом као код вертебрата, већ продужетак хемоцела. Распоређује кисеоник, храну и хормоне, а уклања продукте метаболизма. У срце, које



се налази с леђне стране, хемолимфа улази кроз три пара отвора, остија. Рад срца је под утицајем срчаног ганглија (као пацемакер), а може бити појачан помоћним (акцесорним) срцима која повећавају притисак (постоји и цор фронтале као помоћ пумпању хемолимфе у главени дио) јер притисак самог срца није довољан да би се хемолимфа потиснула у сва подручја тијела. Из срца хемолимфу изводе предња и задња артерија које се даље гранају те се из капилара хемолимфа разлијева по затонима међу органима. На крају се хемолимфа скупља у великом стерналном синусу (у прсном дијелу животиње) одакле улази у бранхиокардијалне синусе па у шкрге гдје се измјене гасови (увуче ју потлак срца). Затим хемолимфа са кисеоником одлази у перикардијални синус па у срце. Контракција срца потисне хемолимфу у артерије па наставља кружити по организму. У хемолимфи су три типа ћелија - хијалине (судјелују у коагулацији), семигранулиране и гранулиране (судјелују у имуно реакцијама). Хематопоетско ткиво је смјештено с леђне стране желуца (између пилоричког и кардијачног дијела). Респираторни пигмент је хемоцијанин (бакар као централни метални ион).

Екскреторни органи - састоје се од антеналних жлијезда (1 пар), али као што је већ прије речено, у екскрецији помаже дисајни и пробавни систем. Антеналне жлијезде имају првенствено улогу у производњи хипотоничног урина, тј. избацивања воде из организма, а дисајни остаци излазе из организма кроз шкрге. Постоје неке назнаке да антеналне жлијезде помажу у избацивању тешких метала и органских ксенобиотика из организма ракова (Vogt, 2002). Антеналне жлијезде су смјештене у главеном дијелу цефалоторакса, а отварају се испупченим отвором у бази антена. Грађене су као метанефридији; целомска врећица (мјесто филтрирања хемолимфе), лабиринт, нефридијска цјевчица и мјехур с нефридиопором.

Систем за варење - је најволуминознији систем, а састоји се од предњег цријева (уста, једњак и желудац), средњег цријева (месентерон) с хепатопанкреасом и задњег цријева које се завршава цријевним отвором на телзону. Предње (стомодеум) и задње цријево (проктодеум) су прекривени кутикулом и укључени су у пресвлачење. Тада у шупљину желуца падну и вапнени каменчићи (смјештени у желуцу) или рачје очи (гастролити) који се

ту растопе, крвним системом долазе до горњих чељусти које очвршћују те помоћу њих рак може појести одбачену кутикулу и повећати залиху вапнених материја за изградњу новог оклопа. У једњаку се храна влажи, а у желуцу дроби, хемијски разграђује (кардиачни дио) и раздваја течни од чврстих дијелова (пилорички дио). Хепатопанкреас синтетизира пробавне ензиме и емулгаторе масти, апсорбира и метаболизира храњиве честице, опскрбљује остале органе с храном и ствара хранидбене резерве. Дјелује и у детоксикацији ксенобиотика и синтези вителогенина и протеина хемолимфе (као што је хемоцијанин). Задње цријево избацује фецес из организма и задужено је за брзу апсорпцију воде након пресвлачења, а можда има и неке функције у јонској и осмотској регулацији. Ракови подједнако узимају биљну и животињску храну.

Репродуктивни систем - Ракови су гонохористичке животиње. Гонаде (јајници или сјеменици) су смјештени леђно у цефалотораксу. Величина и боја им зависи од репродуктивног статусу животиња. Мужјаци имају један пар сјеменика, односно један пар anteriорних режњева који се спајају у непарном постериорном режњу из којег излазе два сјеменовода (вас деференс) који имају улогу у пакирању спермија у сперматофоре, а отварају се у куковима петог пара ногу ходалица (переопода). Јајник је грађен од три режња (два anteriорна и једног постериорног) и из њега излази са сваке стране по један кратки равни јајовод који се отвара у куку трећих переопода. Женке производе велика централецитална јаја. У Еуроци се размножавају обично у јесен. Тада мужјак помоћу клијешта ухвати женку и окрене је на леђа. Његови се гоноподији (први и други пар плеоподија) усправљају, а из сполних отвора излази млијечна течност која садржи сперматофоре. Мужјак лијепи сперматофоре на переон женке. Оплодња се не одвија одмах након копулације, већ након неколико сати или дана после. Прије саме оплодње женка очисти плеон од алги и наметника помоћу другог и трећег пара переоподија. Након тога повуче плеон према переону при чему настаје лежни простор који се испуни слузи из цементних жлијезда које се налазе на основици плеоподија, трбушној страни телзона и последњих плеомера. Слиз покрије све сперматофоре и полни отвор. Дио слузи који је у додиру с околном водом очврсне, а остала слиз остане течна. Након тога женка се окрене на леђа, својим переоподијима обухвати

плеон и привуче га напријед. У том положају женка почиње излучивати јаја у течни слуз. У слузи се сперматофори отапају и долази до осјемењивања. Оплођена се јаја затим обавију преосталом слузи и чврсто прилијепе на длаке плеоподија. Женка носи јаја (бобе) од јесени до раног љета. У оплођеним јајима развијају се зоее, а из јаја се излегу јувенилни ракови (обично у прољеће слиједеће године) који се држе испод женкиног репа док се не пресвуку 2 пута (*Astacidae*) односно 3 пута (*Cambraridae* и *Parastacidae*), (Holdich, 1992).

Ендокрини систем - Овај систем се састоји од неколико органа који су или нервног или епителног подријекла. Неуроендокрини органи се састоје од скупина неурона који синтетизирају хормоне, а њихови аксони завршавају у неурохемалним органима гдје се хормони ослобађају у хемолимфу. У неуроендокрине органе спадају Х-орган, синусна жлијезда (спречава пресвлачење лучењем хормона инхибитора пресвлачења), пост-комисурални орган и перикардијални орган. Епителни ендокрини органи се састоје од модификованих епителних ћелија које синтетизују жлездане хормоне и ослобађају их у синусе. У њих спадају Y-орган (омогуђује пресвлачење), андрогена жлијезда и мандибуларни орган.

Три су врсте хормона које производи ендокрини систем код ракова; неурохормони које производи нервни систем; хормони које производе епителне жлијезде попут Y-органа (на бази максила), андрогена жлијезда, јајници и феромони. Три су и мјеста гдје се похрањују хормони прије него их се излучи у крвни систем: синусна жлијезда у очном дршку, пост-комисурални орган иза тритоцеребралне комисуре и перикардијални орган близу срца. Хормони контролишу дуготрајне процесе у организму и дјелују спорије од нервног система. Главно мјесто производње неурохормона је очни дршка. На њему се налази скупина неурона, које називамо Х-орган. Они врше секрецију неурохормона који путују дуж аксона и похрањују се у синусној жлијезди одакле улазе у оптјецајни систем. Регулишу дисперзију кроматофора, шећера у хемолимфи, количине воде у организму и пресвлачење (инхибирају га). Y-орган пак стимулира пресвлачење и развој јајника. Јајници и сјеменици производе стероидне полне хормоне који регулишу размножавање. Феромони се користе за интраспецијске односе. Нису још довољно истражени, али се зна да је један од

тих феромона задужен за привлачење нетом излегнутих јувенилних ракова да се задржавају и врачају под женкин абдомен. Неки тврде да нису у питању феромони него заједнички “мирис” којег дијеле, а потиче од мукуса који је обавијао јаја и држао их причвршћена за ножице на плеоподију.

Нервни систем се састоји од три типа неурона: сензорних, моторних и интернеурона (повезани су с глиа станицама). Тијела неурона су смјештена или у органима за осјећај или у ганглијима. Ганглији су уздужно повезани конективама, а попречно комисурама. Нацдријелни ганглиј се назива мозак (с три дијела: протоцеребрум, деутероцеребрум и тритоцеребрум) и њиме започиње централни нервни систем који се наставља двоструком нервном врпцом, постављеном трбушно, на којој су парови ганглија (6 прсних, поддријелни + 5 прсних, и 6 зачаних) из којих излазе периферни нерви.

Чулни систем - Као и многе друге животиње ракови такође имају екстерорецепторе и интрарецепторе који опскрбљују информацијама средишњи живчани сустав. Неки дијелови (терморелептори, електроелептори, релептори за бол) тог сустава су слабо проучени но о некима се зна много. Ракови имају састављене очи (ноћне врсте суперпозицијске) на помичним штапићима. Број и величина оматидија се са старењем животиње повећава. За сада нема доказа да виде боје. За равнотежу ракови користе статоцисте смјештене у базама антенула. При пресвлачењу се статоцисти измијене. Хемијска чула су смјештена на антенулама (осјећај мириса из даљине), усним наставцима и переоподима (за директно испробавање укуса). Осим тих вањских кеморелептора постоје и унутрашњи; релептори за кисеоник (смјештени у капиларама шкрга) и релептори за укус квалитете хране у једњаку. Релептори подражаја хидродинамичке природе служе не само за одређивање смјера воде већ и утврђивање присутности других ракова, плијена или предатора. Релептори су смјештени по површини цијелог тијела у облику малих длака. Барорелептори су смјештени у шкржним капиларима и задужени су за контролу притиска хемолимфе.

## 1.7. ЕКОЛОГИЈА

Око 600 врста слатководних ракова присутно је на готово свим континентима гдје насељавају различита станишта: језера, потоке, ријеке, мочваре, боћате воде итд. Имају важну улогу у екосистему и као конзументи и као плијен (Parkyn *et al.*, 2001; March *et al.*, 2002; Guan и Wiles, 1998). Сматра се да јувенилни ракови у прехрани преферирају бескичмењаке а старије јединке биљне дијелове и детритус, (Guan и Wiles, 1998). Популације слатководних ракова су у опадању или су угрожене (Gherardi и Holdich, 1999). Намјерно или случајно уношење нових страних врста на станиште природних популација мијења дистрибуцију природних врста те биодиверзитет аутохтоних заједница (Holdich, 2000). Уношење врсте *P. leniusculus* у језеро с аутохтоном популацијом врсте *A. astacus* довело је до њеног потискивања због већег капацитета алохтоне популације (бржи индивидуални раст, полна зрелост мањих јединки млађег доба, већи фекундитет) и доминације у интерспецијским интеракцијама (Soderback, 1995). С друге стране Askefors, (2000) сматра да је уношење нових сјеверноамеричких врста придонијело развоју узгоја (аквакултуре) слатководних ракова у Еуропи. На дистрибуцију појединих врста и густоћу популација утичу низ абиотичких и биотичких фактора као што су температура и квалитет воде (конц. калцијума, кисеоника), структура и изглед станишта, болести, конкуренција и предација (Lodge и Hill, 1994). Температура утиче како на распрострањеност појединих врста тако и на способност њихова размножавања. Skurdal и Taugbøl, (2002) наводе да врста *A. leptodactylus* боље подноси топлије воде (до 32 °C) него врста *A. astacus* што је вјеројатно и резултат дистрибуције врсте *A. leptodactylus* у азијским и источним дијеловима Еуропе, док је *A. astacus* присутан углавном у средишњем и сјеверном дијелу Еуропе (Maguire и Gottstein-Matočec, 2004). Врста *A. torrentium* боље подноси хладне воде и брза струјања на већим надморским висинама него друга врста истог рода, *A. pallipes* која се задржава у изворишним дијеловима ријека у којима љетна температура мора бити виша од 10 °C (Maguire, 2002).

Популације ракова у воденим екосистемима опадају због бројних антропогених

активности као што су уношење неорганских (тешки метали, нитрати и нитрити) и органских загађивача (пестицида), закисељавање токова и њихова регулација. Ацидификација водених екосистема има непосредни негативан утицај на популације, што су описали Daveikis и Alikhan (1996). Они су код женки врсте *Cambarus robustus* које потиче из језера са ниском рН утврдили значајне алометричке разлике у расту као и смањени фекундитет. Ацидификација мијења утицај неких токсичних тешких метала, нпр. живе, што су описали Laporte *et al.*, (1996), али мијења и промет макроелемената као што је калцијум чија концентрација је у скелету ракова из језера с нижим рН битно нижа (Taugbøl *et al.*, 1997). Доказано је да неке врсте ракова могу толерисати хипоксичне услове па је то један од разлога космополитизма врсте *Procambarus clarkii* (Gherardi *et al.*, 2000). Све врсте ракова преферирају станишта с много потенцијалних заклона или могућношћу да их сами ископају, а утврђено је да је густоћа популације директно повезана с густоћом доступних заклона (Lodge и Hill, 1994). Интраспецијска конкуренција за храну утиче на густину популације те на број полно зрелих јединки. Мала количина хране главни је узрок појаве канибализма унутар врсте при чему веће јединке конзумирају мање јединке или оне које су у периоду пресвлачења. Nyström (2002) сматра да се канибализам унутар популације може битно смањити хетерогеношћу станишта. Забиљежио је селективност у избору заклона унутар популације при чему се одрасле јединке радије склањају у потопљено коријење дрвећа, а јувенилни примјерци међу макрофите или шљунковите плићаке. Ракови су изложени предацији бројних макровертебрата, риба, водоземаца, гмизаваца, птица и сисара. (Lodge и Hill, 1994) су утврдили негативну корелацију између густине популације риба предатора и популације ракова у језеру Wisconsin, САД. Густа популација ракова мијења састав у ланцима исхране, тако што утиче на биомасу макрофита (Mathews *et al.*, 1993; Schofield *et al.*, 2001), алга и детритуса, али такође мијења понашање макроинвертебрата, посебно непокретних бентонских бескичмењака као што су пужеви (Nyström, 1999; Lewis, 2001) и сесилних Chironomidae (March *et al.*, 2002). Популација ракова може имати посредан утицај на популацију риба и водоземаца због предације њихових ларви и јаја, конкуренције за храну и заклон или уништавања мјеста за њихово размножавање (Nyström, 2002).

## 1.8. БИОЛОГИЈА

Парење слатководних ракова из породице Astacidae почиње у јесен. Мужјаци и женке су у том периоду активне и у току дана (Skurdal и Taugbøl, 2002). Висока температура помјера почетак парења. Парење траје обично 2-3 недјеље, док излијегање и оплодња јаја настаје од неколико сати до шест недеља након парења. Женка носи и чува јаја која су причвршћена плеоподним ножицама до следећег љета гдје температура има пресудан утицај на развој јаја. Када јајна опна пукне излегу се јувенилни ракови који се хране жуманцетом из јајета и остају причвршћени за мајку неколико дана односно до првог пресвлачења када се крећу близу мајке. Познато је да се раст ракова одвија кроз низ пресвлачења, раст ракова зависи од температуре као и доступне хране. Међу одраслима пресвлачење је чешће код мужјака него код женки. Док женке носе јаја (прољеће) не пресвлаче се, а пресвлачење слиједи тек у љето када се мужјаци пресвлаче већ други пут у тој години (Skurdal и Taugbøl, 2002). Све то узрокује да мужјаци брже расту и да су већи од женки.

## 1.9. ОПИС ВРСТА

### 1.9.1. *Austropotamobius pallipes* – бјелонози рак (слика 5)

Врста *A. pallipes* (као једна унутар рода *Austropotamobius*) од врста рода *Astacus* разликује се по постојању једног пара посторбиталних трнова, а да се од врсте *A. torrentium* разликује по томе што иза цервикалне бразде има више добро изражених трнова. Мерус трећег махилипеда на унутрашњој страни покривен трновима или само на дисталној страни носи 1-3 трна. Рострум троугластог облика и варијабилан у односу на дужину. Од пет пари переиопода, само четири служе за ходање. Први пар има развијена клијеста која служе за одбрану и хватање хране. Иза цервикалне бразде имају добро развијене трнове. Јединке врсте *A. pallipes* могу живјети преко десет година (Soutu-Grossett *et al.*, 2006).

Полну зрелост ови ракови достижу након напуњене друге године живота, што



углавном важи за мужјаке и за јединке које живе на нешто нижим надморским висинама и географским ширинама. Полну зрелост ови ракови достижу након напуњене друге године живота, што углавном важи за мужјаке и за јединке које живе на нешто нижим надморским висинама и географским ширинама.



Слика 5. *Austropotamobius pallipes*

С повећањем надморске висине и географске ширине, ракови полно сазријевају касније, између 5. и 6. године живота, када им минимална укупна дужина тијела износи углавном између 40 и 55 мм. Генерално, парење наступа у јесен. Женке се брину за оплођена јаја (између 50 и 200) преко зиме па све до прољећа, када наступа излијегање. Млади током прве године живота пролазе кроз низ пресвлачења због интензивног раста (њихов број варира између седам и осам), док код старијих ракова број пресвлачења опада (у другој години живота до пет пута) те се зреле јединке пресвлаче свега једном до два пута годишње, у зависности од средине у којој живе. Ови ракови преферирају станишта с већом количином воденог биља које им користи као заклон, мада нису ријетки случајеви када се могу наћи и у муљевитим потоцима, уопште у водотоковима с врло мало вегетације.



**1.9.2. *Austropotamobius torrentium* - поточни рак, рак камењар (слика 6).**

Карактеристика ове врсте је да на предњој страни карапакса има само један пар посторбиталних гребена. Рострум је кратак и има облик троугла. Епистом са обје стране носи 1-4 мала трна који су често поређани у два реда. Мерус трећег махилипеда на унутрашњој страни има 1-7 трнова. Први пар гонопода имају симетричан врх а други пар гонопода има добро развијен талон. Бочне стране карапакса су глатке и без трнова. Рак камењар не нарасте много, његова укупна дужина код мужјака износи 10.5 - 11 cm, а код женке до 9 cm. Пресвлачење почиње средином маја и траје до октобра.



**Слика 6.** *Austropotamobius torrentium*

Развој цементних жлијезда почиње крајем јула, а парење и мријешћење одвија се крајем октобра. Женке носе јаја од почетка новембра до јуна, а максимално забиљежен број плеоподалних јаја је 104. Рак камењар добро подноси брза струјања воде и ниже температуре воде у потоцима на вишим надморским висинама. Преферирају станишта са много заклона и високим концентрацијама кисеоника (изнад 4 mg/l) (Maguire, 2002).

### 1.9.3. *Astacus astacus* - ријечни, племенити рак (слика 7).

Укупна дужина ове врсте која је забиљежена је 17 cm (Westman *et al.*, 1992). Вентрална страна тијела је зелено смеђе боје док је са дорзалне стране тамно смеђ. Карапакс је глатак и без трнова. Посједује два пара посторбиталних гребена од којих је први пар јаче изражен. Рострум је раван и глатких рубова, док је апекс (врх) избочен и доста дугачак. Мерус трећег махилипеда на унутрашњој страни има 1-3 трна од којих је један увијек већи од осталих.



Слика 7. *Astacus astacus*

Први пар гонопода код мужјака има асиметричан врх, а на бази ендоподита другог гонопода нема израженог талона. Рубови епиплеуре су заобљени. Женке ријечног рака досежу полну зрелост при укупној дужини тијела од 62-85 mm и старости 3-5 година, а мужјаци су полно зрели при дужини тијела 60-70 mm (Skurdal и Taugbøl, 2002). Сјеменици и јајници сазријевају у раздобљу од маја до септембра. Мужјаци се након достизања полне зрелости размножавају сваке године док је код женки примијећено размножавање тек сваке друге или чак сваке треће године (Taugbøl *et al.*, 1988). Парење се одвија у септембру и октобру, а инкубација јаја (од мријештења до излијегања јувенилних јединки) траје 8-9 мјесеци унутар којих долази до застоја ембрионалног развоја (дијапауза) због пада

температуре воде (< 5-6 °C). Skurdal и Taugbøl, (2002) сматрају да дијапауза осигурава високу стопу преживљавања јаја и јувенилних јединки. Женака при дужини тијела од 90 mm носи између 87 до 154 плеоподна јаја. Према Cukerzis, (1988) јувенилне јединке су дуге 8,5 до 9 mm, након једне недјеље се пресвлаче те настаје други јувенилни стадијум дуг око 12 mm и сличан одраслима, осим што му недостаје уropодиј. Након три недјеље наступа друго пресвлачење, јувенилне јединке су 13-15 mm дуге, сличне одраслим раковима и почињу самосталан живот при чему су изложене предацији и канибализму. У првој години (0+) дужина јединки процијењена је на 15-23 mm, у другој години (1+) 25-48 mm, у трећој (2+) 50-70 mm, а у четвртој (3+) 60-80 mm (Cukerzis, 1988). Сматрају да у повољним условима јединке у доби 3+ могу достићи дужину тијела од 95 mm (Skurdal и Taugbøl, 2002).

#### 1.9.4. *Potamon fluviatilis* – слатководна краба

*P. fluviatilis* - је слатководна врста десетоногих краба која је распрострањена на југу Црне Горе у водотоцима који имају везу са Јадранским морем. Karaman, (1976) је у свом раду описао ову врсту из Охридског језера и ријеке Дрим. Карапакс је најшири у предњем дијелу тијела, док се на задњем дијелу тијела сужава. Фронтални односно чеони дио је дводјелан са зрнастом структуром, посторбитални лобуси су знатно истурени.



Слика 8. *Potamon fluviatilis*

---

Бранхијално ребро релативно дуго масивно, са крупним и тупим трновима. Горња страна карапакса је више или мање, глатка и без четина (длачица). Посторбитални трн је масиван и велик. Клијешта су на првим периоподама и једнаке су величине или се незнатно међусобно разликују. Први гонопод је извијен у облику латинског слова С. Последњи чланак на првом гоноподу у основи је широк а при врху се сужава. Његова дужина од прилике одговара трећини дужине предпоследњег чланка. Овај рак може да достигне максималну ширину карапакса до 52 мм, а дужину 45 мм. Дању се обично крију испод камења и у рупама, а ноћу излазе при површини тражећи храну. Имају релативно добар вид и опајају предатора на даљини од 10м. На трећем махилипеду налази се отвор из којег ова врста рака испушта млаз воде на растојању од 33 цм са којим могу прецизно да погоде и растјерају остале ракове. То је један вид одбрамбеног оружја, чија функција није јасно проучена и објашњена. Прави су поточни разбојници. Омнивори су и хране се свом доступном храном. (Karaman, 1976).

## 2. ФИЛОГЕНИЈА

Филогенија је научна дисциплина која се бави проучавањем еволуцијске прошлости различитих таксономских категорија. У својим истраживањима филогенија проучава сродне односе између и унутар појединих врста односно таксона. Проучавање се заснива на морфолошким, физиолошким и етолошким обиљежјима појединих таксона. Осим на макроскопском нивоу, (односи између и унутар појединих врста) могу се проучавати и на нивоу макромолекула тј. DNA и протеина. То проучава посебна грана филогеније, тзв. молекуларна филогенија. Резултати истраживања приказују се у облику филогенетског стабла односно филограма. За описивање ступњева сродности таксона које истражује, филогенија користи неколико могућих односа између њихових карактеристика. Синапоморфија – однос у којем су хомологне карактеристике, које дијеле двије или више крајње групе, наслеђене од најмлађег заједничког претка. Плеизоморфија – однос у којем су хомологне карактеристике резултат наслеђивања од далеког заједничког претка. Симплезиоморфија – анцестрално стање које дијеле два или више таксона потомака. Апоморфија – карактерно стање које се појављује једино у млађих потомака и није присутно код заједничког претка таксона који се истражује. Аутапоморфија – изведено карактерно стање карактеристично за један таксон. Хомоплазија – сличности које су резултат конвергенције, паралелизма и реверзне еволуције, нису резултат наслеђивања од заједничког претка.

### 2.1. Молекуларна филогенија

Молекуларна еволуција као научна дисциплина има исход у два различита подручја; популацијској генетици и молекуларној биологији, те обједињује три интересна подручја у својим истраживањима; пребиотску еволуцију, односно «поријекло живота», еволуцију макромолекула и реконструкцију еволуцијске прошлости гена и организама познату као молекуларна филогенија.

Молекуларна филогенија, често звана и молекуларна систематика, ако се тиче односа

организама, бави се проучавањем еволуцијске прошлости организама и макромолекула на основу података добивених проучавањем на молекуларно-биолошком нивоу, те њиховом статистичком обрадом. Разлике између молекуларних секвенци представљају генетске различитости узроковане мутацијама накупљенима током процеса молекуларне еволуције. У неколико посљедњих десетина година молекуларна се филогенија показала корисном научном дисциплином у проучавању широког спектра еволуцијских догађаја на нивоу врста и популација, до нивоа царства и кољена (Саан *et al.*, 1987; Woese *et al.*, 1990). Такође, молекуларна је филогенија доприњела тачнијем и бољем схваћању неких давних еволуцијских процеса као што су појава митохондрија и хлоропласта (Cedergren *et al.*, 1988).

## 2.2 . Филогенетска стабла

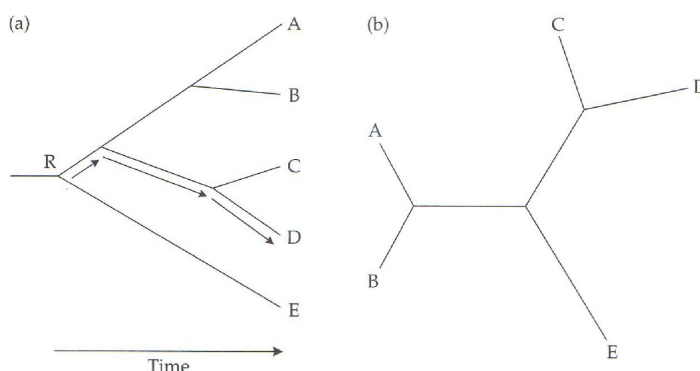
Према еволуцијској теорији сви организми еволуирали су од једног заједничког претка гледајући унатраг до појаве живота док су до појаве данашње биолошке разноликости довели различити еволуцијски механизми. На тај су начин сви облици живота међусобно повезани. Сроднији организми повезани су млађим заједничким претком од несродних организама с којима су повезани преко старијег заједничког претка. Филогенетско стабло графички је приказ еволуцијских односа међу појединим таксономским јединицама или самим генима, с главним задатком реконструкције тачне генетске везе између организама и одређивања времена дивергенције које је протекло од када су ти организми дијелили заједничког претка. Важно је нагласити да «право» филогенетско стабло увијек остаје непознато; свако добивено стабло представља само одређену хипотезу. Свако филогенетско стабло састоји се од чворова и грана, а начин гранања одређује топологију стабла. Чворови на филогенетском стаблу представљају таксономске јединице или таксоне који могу бити врсте, популације, јединке или гени. Постоје два типа чворова: спољашњи и унутарашњи чворови. Спољашњи чворови, који представљају таксономске јединице које проучавамо, називају се операцијске таксономске јединице (*operational taxonomix units* (OTU)), те у генетичком смислу представљају многе типове упоредивих такси (нпр., породицу организама, индивидуалне



организме, па све до сродних гена или чак генских регија). Унутрашњи чворови зову се хипотетске таксономске јединице (*hypothetical taxonomic units* (HTU)) како би се нагласило да представљају хипотетске претке операцијских таксономских јединица. Постоје два основна типа филогенетских стабала, укоријењено и неукоријењено стабло (слика 9). Код укоријењених стабала постоји јединствени чвор којег називамо коријен. Он представља претка свих таксономских јединица које проучавамо. Неукоријењена филогенетска стабла нам говоре о односима таксономских јединица које проучавамо, али нам ништа не говоре о њиховим прецима.

Најчешћа метода укоријењивања стабала јесте употреба спољашње групе (outgroup). Спољашња група није члан анализиране групе таксономских јединица, те представља организам или секвенцу приликом проучавања монофилетских скупина који је мање сродан било којој таксономској јединици приказаној на стаблу него што су оне међусобно. Спољашње групе су обично оне таксономске јединице које су се одвојиле од родитељске скупине прије него што су се остале почеле гранати. Приликом избора спољашње групе треба пазити да изабрана таксономска група не буде у предалекој вези с осталим таксономским групама које проучавамо јер то може довести до озбиљних тополошких проблема. Такође треба обратити пажњу да изабрана спољашња група не буде превише сродна с проучаваним таксономским групама јер се тада може догодити да то није права спољашња група. Филогенетско стабло се може укоријенити и без употребе спољашње групе помоћу средње тачке (мидпоинт роотинг). Полази се од претпоставке да је учесталост еволуцијских промјена слична за све проматране таксономске јединице дуж стабла. Овакво укоријењивање користи се само кад се ради о приближно једнакој учесталости еволуцијских процеса код свих посматраних таксономских јединица дуж свих огранака стабла. Неукоријењена филогенетска стабла, која се још називају и филогенетским мрежама, представљају сродне односе без стварања хипотеза о заједничким прецима. Већина метода за реконструкцију филогенетских стабала резултат је неукоријењено стабло, те се она увијек могу добити из укоријењених стабала једноставним уклањањем спољашње групе. Укоријењивање филогенетског стабла битан је процес јер нам омогућава разликовање плезиоморфних (анцестралних) особина од

апоморфних (изведених). Разликовање тих особина битно је за одређивање типа еволуције. Обје врсте филогенетских стабала могу бити означена (бифуркатна) или неозначена (мултифуркатних) Означена стабла имају максимално два потомка која потичу из сваког унутрашњег чвора, за разлику од неозначених која могу имати више њих. Означена стабла имају специфичне вриједности додијелене одређеним листовима, док неозначена дефинирају једино топологију.



**Слика 9.** (а) укоријењено и (б) неукоријењено филогенетско стабло. Стрелице показују јединствени пут који води од коријена Р до таксономске јединице Д. Преузето из (Lia, 1997).

### 2.3. Методе за реконструкцију филогенетских стабала

Према еволуцијској теорији сматра се да су сва жива бића потекла од јединственог заједничког претка који је живио прије око 3,8 милијарди година. Због дјеловања дуготрајних еволуцијских процеса некада сродни гени постају толико различити да се помоћу њих више не може извршити поуздана филогенетска реконструкција. Такви гени називају се нехомологнима. Код сродних врста гени се обично разликују само у тачкастим мутацијама, најчешће на трећој позицији у кодону. Због тога је еволуцијска стопа те позиције много већа, те има и веће значење у филогенетским истраживањима.

За описивање филогенетских односа међу појединим таксономским јединицама филогенетског стабла, најчешће се користе сљедећи појмови (слика 10):

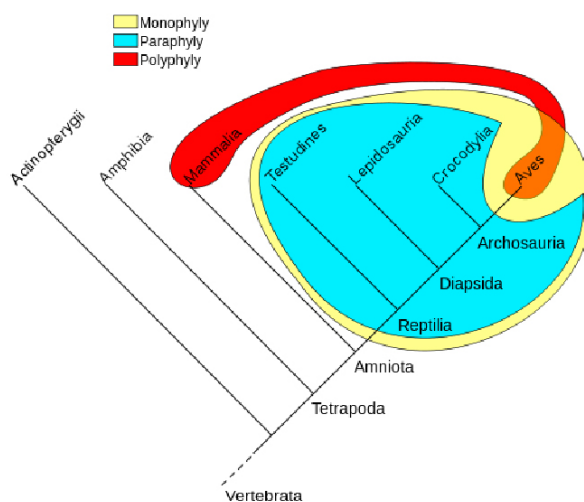
Монофилетска група – она група у којој су сви чланови поријеклом од једног заједничког претка који је карактеристичан само за ту групу. У систематици се такве



монофилетске групе називају кладиј.

Парафилетска група – она група у којој се налазе и чланови који нису поријеклом од најмлађег заједничког претка. Ове групе карактеризира плезиоморфија.

Полифилетска група – она група код које су припадници поријеклом од више заједничких предака који су такође преци врстама класификованим у друге групе. Резултат су погрешне употребе хомоплазијских карактеристика при изради филогенетских стабала.



**Слика 10.** Приказ филогенетских односа међу појединим таксономским јединицама филогенетског стабла

## 2.4. Методе молекуларне филогеније

За реконструкцију филогенетског стабла не постоји јединствена метода која би била прихватљива у свим случајевима, нити најбоља метода за поједини случај. Из тог разлога користи се неколико различитих метода и приступа при филогенетској реконструкцији како би се повећала вјеродостојност добивених резултата. Методе филогенетске реконструкције можемо подијелити у четири главне скупине:

Методе темељене на матрици удаљености (distance matrix), које за реконструкцију стабала користе принципе кластерских анализа и минималне еволуције. Процесом кластеризирања тражи се најмања међусобна разлика између два члана у матрици удаљености и то стабло се карактерше као највјероватније.

Методe највеће вјероватности (*maximum likelihood* ML); (Felsenstein, 1973,1981) су комплексне и рачунски врло захтјевне. Алгоритам највеће вјероватноће анализира вјероватноћу појављивања сваке могуће нуклеотидне позиције (базе) или аминокиселине у анцестралном (унутарњем) чвору, дакле оцјењује хипотезу еволуцијске прошлости преко вјероватноће да управо предложени модел и задана хипотеза резултирају крајњим подацима, те реконструисана вјероватност структуре стабла из тих података. Изабере се стабло које је највјероватније.

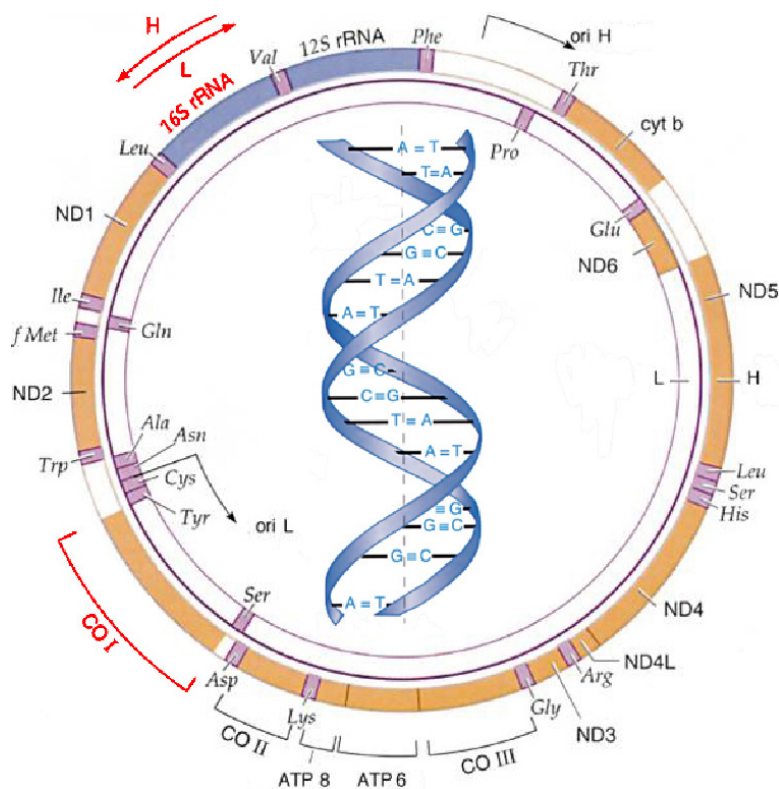
Методe највеће штедљивости (*maximum parsimony* MP), (Swofford, 2001) је често употребљавана, не-параметричка статистичка метода за процјењивање филогеније. Темелји се на филозофском принципу Окамове оштрице. Дакле, када двије или више хипотеза објашњавају одређени феномен, она хипотеза која је најједноставнија прихвата се као и најбоља. Филогенетско стабло добивено овом методом такве је топологије да је за његово објашњење потребно најмањи могући број промјена (нпр. мутација) карактера, и настоји реконструисати стабло примјењујући најмањи број промјена карактера како би се објаснили сви чворови. Bayesian анализа се темелји на сазнању о тзв. накнадним вјероватноћама (*posterior probabilities*) (May *et al.*, 1999), које су процијењене на основу неког модела. Тај модел се назива претходно очекивање (*prior expectation*) и конструише се након одређених сазнања о подацима, Bayesian анализа спроводи се анализа методe највеће вјероватноће, које леже у способности алгоритма да тражи групе најбољих стабала, а не једно најбоље стабло, као и у могућности измјене информација током анализе међу више независних истраживања за најбољом групом стабала

## 2.5. Митохондријска DNA

Митохондријска DNA се наслеђује по мајчиној линији. Митохондрије су елипсоидне ћелиске органеле дужине око 0,5  $\mu\text{m}$  и ширине 0,2  $\mu\text{m}$ . Еукариотска ћелија садржи од неколико стотина до неколико хиљада митохондрија, сваки са неколико копија властите DNA. mtDNA се често користи за одређивање филогенетских односа на различитим таксономским нивоима (Simon *et al.*, 1994; Schubart *et al.*, 2000). Сматра се да су митохондрије некада

биле слободно живуће бактерије које су ступиле у ендосимбиотски однос с другим прокариотским ћелијама дајући претка данашње еукариотске ћелије. Те новонастале ћелије које су имале формирано језгро пружале су митохондријима окружење богато нутријентима, а за узврат су од митохондрија добиле начин за стварање енергије посредством кисеоника, тзв. оксидативна фосфорилација. То својство се показало кључним за преживљавање тих ћелија у новонасталој оксидирајућој атмосфери.

Осим што су сличних димензија прокариотска и mtDNA имају још низ заједничких особина. mtDNA најчешће је кружна дволанчана молекула која се састоји од 14 до 42 хиљаде парова база (слика 11). Кружни облик молекула је први механизам који је пружио заштиту од егзонуклеаза које разграђују слободне крајеве линеарних DNA молекула. Митохондријски геном има врло мало некодирајуће DNA, гени су густо збијени с врло мало интрона унутар самих гена. mtDNA из животињских ћелија кодирају 13 протеинских молекула, 22 молекуле транспортне RNA и двије молекуле рибозомалне RNA (16S rRNA)



**Слика 11.** Шематски приказ молекуле mtDNA; црвеном бојом обиљежени су гени за COI и 16S rRNA

## 2.6. Митохондријски ген за 16S rRNA

Ген за 16S rRNA се налази на mtDNA, а кодира RNA велике подјединице митохондријских рибозома. Величина му износи 1542 парова база, те је конзервиран у примарној структури, што значи да се није пуно мијењао током еволуцијске прошлости mtDNA. Секвенце из регије 16S rRNA митохондријског гена показале су се изузетно корисним приликом проучавања филогенетских односа код родова десетероножних ракова (Tam *et al.*, 1998; Grandjean *et al.*, 2000; Largiadèr *et al.*, 2000; Fratini *et al.*, 2005; Franjević, 2006). Употребом гена за 16S rRNA, за разлику од гена за COI, добијају се посебно квалитетни подаци код реконструкције догађаја филогенетске прошлости неког таксона које су се одиграле у релативно давној еволутивној прошлости. 16S rRNA ген има брзо и споро еволуирајуће регије и много корисних информација о филогенетским односима између организама различитог систематског ранга, од нивоа популације до нивоа породице. Разлог је то што је за разлику од језгриних гена, митохондријски ген за rRNA много једноставније грађе и налази се само у једној копији у геному. Осим тога језгро rRNA еволуира механизмом усклађене еволуције, што значи да се супституција у једној копији брзо шири на остале, те доводи до знатних проблема у филогенетским истраживањима и понекад наводи на криве закључке о филогенији појединих организама Hancock *et al.*, (1988); Hillis и Dixon, (1991).

## 2.7. Ген за подјединицу и цитохром-оксидазе (COI)

Ген за цитокром-оксидазу I је ген који се налази у mtDNA, а кодира подјединицу I, комплекса цитокром-оксидазе с која је дио електронског транспортног ланца у процесу оксидативне фосфорилације. Његова аминокиселинска секвенца је високо конзервирана међу кољенима што омогућава једноставно срачњивање секвенци и израду универзалних почетница. Због високе конзервираности аминокиселинске супституције су ријетке међу врстама, али тихе (истозначне) промјене имају једнаку учесталост као и у свим осталим генима mtDNA. Аминокиселинске секвенце цитокром-оксидазе и корисне су за

истраживање давних еволуцијских догађаја. Овај ген се сматра једним од најкориснијих молекуларних филогенетских показатеља из неколико разлога. Као терминални катализатор у митохондријском респираторном ланцу, цитокром-оксидаза I је добро биохемијски истражена те је закључено да је њена величина и структура сачувана код свих аеробних организама Saraste, (1990). Будући да је цитокром-оксидаза I укључена и у пренос електрона и транслокацију протона кроз мембрану, познато је да садржи велик број различитих функционалних домена Gennis, (1992). Друга битна карактеристика овог гена као филогенетског показатеља је да кодира највећу од три протеинске подјединице комплекса цитокром-оксидазе. Цитокром-оксидаза I величине је приближно 511 аминокиселина за разлику од свега 228 аминокиселина код цитокром-оксидазе II или 261 аминокиселине код цитокром-оксидазе III (Clary и Wolstenholme, 1985). Тиме је омогућена амплификација и секвенцирање пуно већег броја нуклеотида унутар истог функционалног комплекса што је изузетна предност у филогенетским истраживањима.

### 3. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Како су слатководни ракови из породице Astacidae, важни у ланцима исхране и кружењу органске материје у воденим екосистемима а јако мало исражени у Црној Гори зато су и изабрани као предмет истраживања. Циљ рада је био анализирати популације различитих врста слатководних (Decapodnih) ракова са простора Црне Горе како би се добили подаци о њиховој дистрибуцији, екологији, као и да се одреде филогенетски и еволуцијски односи јединки врста *Austropotamobius torrentium*, *Austropotamobius pallipes* и *Astacus astacus* узоркованих са простора Хрватске, Србије и Црне Горе као и њихова процјена ризика изумирања и приоритети конзервације биодиверзитета акватичних екосистема. Морфометрским мјерењима утврђене су карактеристике појединих врста те обиљежја по којима се поједине врсте највише разликују.

Такође је циљ био да се утврде морфолошке особине по којима се ракови различитих популација значајно разликују, што би олакшало будући рад на терену и омогућило визуелно препознавање животиња.

Постављени су следећи експериментални циљеви:

- Утврђивање распрострањености као и попис врста слатководних ракова у воденим екосистемима Црне Горе
- Физичко-хемијска анализа воде у којима су присутни Decapodni ракови
- Узрасна и полна структура врста
- Морфометријске карактеристике
- Филогенетски и еволуцијски односи
- Процјена ризика изумирања и приоритети конзервације слатководних ракова

#### 4. ХИДРОГРАФИЈА ЦРНЕ ГОРЕ

Са просјечним отицајем од 40 литара/с/км<sup>2</sup>, запремински изражено око 19,5 км<sup>3</sup>/год., Црна Гора спада у 4% свјетске територије са највећим просјечним отицајем. Имајући при томе у виду чињеницу да се чак 95,3% водотокова у Црној Гори формира у републици, дакле са извориштем и сливним подручјем на територији републике, с правом се може рећи да је вода наш највећи природни ресурс (слика 12).

На територији Црне Горе формира се неколико значајних водотокова који отичу у два правца; према Црном и Јадранском мору. Укупна површина Црноморског дијела слива износи око 7.260 км<sup>2</sup> или 52.5 % црногорске територије. Укупна површина дијела Јадранског слива Црне Горе износи око 6.560 км<sup>2</sup> или 47.5 %. Према Јадранском мору отиче Морача са својом најзначајнијим притокама Зетом, те Ситницом, Рибницом, Цијевном, Ораховштицом и Ријеком Црнојевића. Све њихове воде, ријеком Бојаном, уливају се у Јадранско море.



Слика 12. Карта Црне Горе са хидрографском мрежом

## 5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

### 5.1. Лов

Животиње су ловљене помоћу LiNi врша и ручно. LiNi врше су пластичне, цилиндричног облика с два лијевкаста улаза. Направљене су од металног оквира преко којег је навучена мрежа величине ока од приближно 14 mm, Maguire, (2002). Врше су у води остављане преко ноћи. Лов вршама је кориштен у дубоким дјеловима језера и дубоким рјечним вировима. Врше су постављане у сумрак или ноћу и свака 4 сата прегледане. У вршама је за мамац стављана риба. Ручни лов обављан помоћу LPG лампе и ручне мрежице. Ручни лов је обављен у обалском – плићем дијелу свих акумулација и језерима као и неким дјеловима ријека. Овај излов је обично почињао два сата након наступања ноћи. Лов ракова вршен је најпогоднијом комбинацијом наведених метода на дужини речног профила од 50 m, и површини од 50 m<sup>2</sup> на језерима. Лов је вршен по принципу максималног могућег тоталног излова. Уловљене животиње су одређиване према кључевима за одређивање Astacidae (Bott, 1950, 1972; Караман, 1961, 1963; Frogia, 1978; Holdich, 1992, 2002).

### 5.2. Истраживање станишта

Дистрибуција ракова из породице Astacidae истраживана је у воденим екосистемима на подручју Црне Горе. Истраживање је проведено кроз низ терена на ријекама и језерима у периоду од 2006. до 2011. године .



Истраживања су вршена на ријеци Лим која настаје отицањем вода Плавског језера на коти 908,9 мнм. Површина слива ријеке Лим на простору Црне Горе је 2280 км<sup>2</sup>. Истраживање је обављено на дијелу тока на надморским висинама од 900 до 589 мнм.



**Слика 13.** Ријека Лим

Подлога је пјесковита са каменим облацима, присутно је корјење приобалне вегетације. Дубина ријеке јако варира од мјеста до мјеста. Равничарска је ријека тако да обале нису стрме и покривене су вегетацијом. (слике 13,14).



**Слика 14.** Локалитет на ријеци Лим

Затим је истраживано на ријечи Тари која настаје испод Комова на надморској висини 1.860 м. испод планине Маглић. Истраживања спроведена у периоду од 2006 до 2010 године. Тара са 158 км је најдужа ријека у Црној Гори. Протиче кроз предјеле веома различитог геолошког састава сачињеног углавном од кречњака. (Слика 15.)



**Слика 15.** Ријека Тара

Дно је равно покривено ситним пијеском и присутна је приобална вегетација.

Ријека Њехотина извире испод планине Стожер. Послије Лима она је највећа притока Дрине. Чине је потоци Кораци и Брезовски. Притоке Њехотине су Коричка, Маочница, Везишница и Володер. Површина слива Њехотине до хидро система Градац износи 809,8 км<sup>2</sup>. (Слика 16.)



**Слика 16.** Ријека Њехотина

Дужина тока износи 128,5 км. Дно је каменито и пјесковито, присутно је корјење приобалне вегетације (слика 16)



Ријека Црнојевића извире из Ободске пећине, као врло снажно врело. Почиње тећи на исток али по кратком току од 3,5 км скреће на сјевер, у великом полукругу прелази у југоисточни правац тока и тако се улива у Скадарско језеро. Нема важне притоке. Дужина тока је 13 км, а површина слива је око 70 км<sup>2</sup> . Једна је од ријетких ријека која је пловна послије првог километра (слика 17).



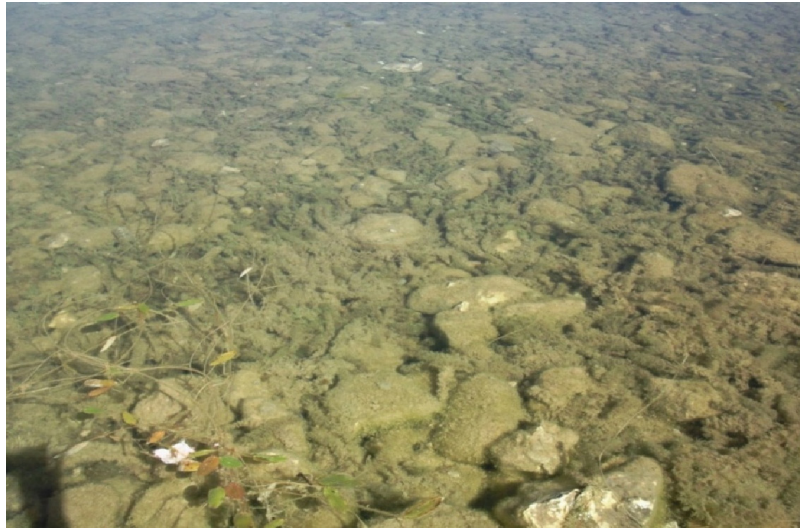
**Слика 17.** Ријека Црнојевића

Црно језеро је на другом мјесто по величини послије Плавског језера у Црној Гори, најљепше међу глацијалним језерима у нашој земљи. Налази се на 3 km SW од Жабљака. Дужина језера износи 1155 м а максимална ширина је 810 м. Велико језеро дугачко је 855 м, а широко 615 м.



**Слика 18.** Црно језеро

Мало језеро дугачко је 605 м а широко 400 м. Навећа дубина при махималном водостају у Малом језеру је 49.1 м, а у Великом 24,5 м. (Слика 18). Површина Црног језера као цјелине је 0,515 км<sup>2</sup>. Температура воде је око 180 С. Дно је каменито и прекривено муљем (слика 19).



**Слика 19.** Дно Црног језера

Вражје језеро се налази непосредно поред пута Шавник – Ђурђевића Тара, 10 км од Жабљака. Налази се на 1411 м надморске висине. Дугачко је 635 м, широко 295 м, површине 118,310 м<sup>2</sup>, дубине 10,6 амплитуде 70 – 100 см. Водом га напаја притока са сјеверне стране, а отиче отоком са јужне стране која послије 15 м понире (слика 20).



**Слика 20.** Вражје језеро

Доњи ток ријеке Зете

Настаје с сјеверозападном ободу Бјелопавлићке равнице од више јаких врела.



Слика 21. Доњи ток ријеке Зете



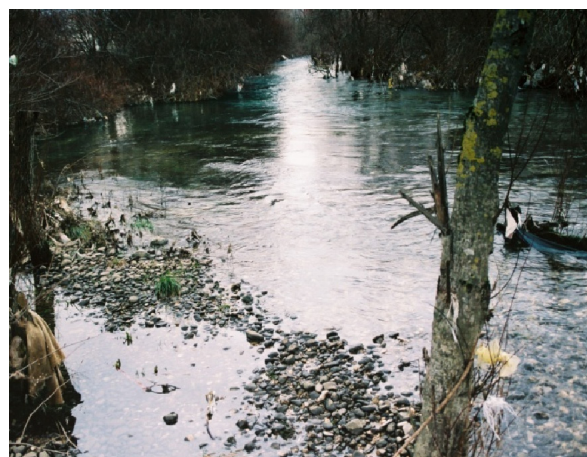
Слика 22. Дно доњег ток ријеке Зете

Истраживања врсте *A. astacus* су вршена у периоду од 2002. да 2011. године, у горњем току ријеке Зете као и у акумулацијама Крупац, Слано и Ливеровићи. На ријечи Зети истраживано је на шест локалитета и приказат ћемо њихов детаљнији опис. На локалитету Капино поље (слика 23.) дубина је воде 1,5 м, а дно је покривено акватичном вегетацијом око 60 %. Корито ријеке на овом профилу је углавном равно и покривено ситним пијеском. На локалитету Раствовац, (слика 24.) дубина воде је 50-80 цм, обала је каменита и присутно је корјење приобалне вегетације. Локалитет Брезовачки мост (слика 26.) има дубину 20-60 цм. Дно је покривено акватичном вегетацијом око 70% а заједницу сачињавају врсте из рода *Potamogeton*, мање има *Mirioflum sp.* и *Ranunculus sp.* (Слика 29). Лијева страна обале овог локалитета је обрасла трском – *Scirius sp.* Корито ријеке углавном је равно и прекривено ситним пијеском, са ријетким каменим облацима. На локалитету Мокра њива (слика 25.) узорковано је са десне обале која је каменита или је присутно корјење приобалне вегетације.





Слика 23. Капино поље



Слика 24. Раствовац



Слика 25. Мокра њива



Слика 26. Брезовачки мост



Слика 27. Дубоки вир Глибавац



Слика 28. Дукло

Пети локалитет је дубоки вир (3-5 м ) у селу Глибавац (слика 27) дно је углавном равно и прекривено ситним пијеском а уз обалу бујна вегетација коју чине врбе и тополе. Обје обале су углавном стрме. На локалитету Дукло дубина воде је 1-1.5 м. (Слика 28). Дно је углавном равно и прекривено ситним пијеском



**Слика 29.** Вегетација у горњем току ријеке Зете

Акумулација Крупац на коти 620 заузима површину од 520 ha са запремином од 42.000,000 м<sup>3</sup>. Количина воде на коти 612 представља тзв. биолошки минимум и тада површина акумулације износи само 365 ha, а запремина око 3.967,000 м<sup>3</sup>. Осцилације воде су знатне и догађају се два пута годишње. Просјечна дубина акумулације при максималном водостају је око 8 м. (Слика 30).



**Слика 30.** Акумулација Крупац



Акумулација Слано на коти 621 има максималну површину од око 890 ха са запремином воде од око 94.000,000 м<sup>3</sup>. На коти 605 тј. коти биолошког минимума површина акумулације износи свега 218 ха а запремина око 4.000,000 м<sup>3</sup>. Карактеристичне су знатне осцилације током године. (Слика 31).



**Слика 31.** Акумулација Слано

Акумулација Ливеровићи је знатно мања од претходних и њена се вода користи у процесу производње Жељезаре. Њена махимална површина на коти 736 износи 93 ха а запремина око 9.000,000 м<sup>3</sup>. Осцилације су изражене нарочито у јесен. (Слика 32).



**Слика 32.** Акумулација Ливеровићи

Популације врсте *P. fluviatilis* истраживане су од јуна 2006. до октобар 2010. године на територији Црне Горе .



Шаско језеро је равничарско језеро изданског поријекла које се налази у склопу хидросистема Скадарског језера и ријеке Бојане, у југозападном дијелу Црне Горе, близу десне обале ријеке Бојане са којом је у вези преко једног канала (љети) односно преко водотока (зими). Облика је елипсе, површине 3,4 км<sup>2</sup> а напаја се водом из врела од којих је највеће Бегово око.



**Слика 33.** Шаско језеро

Ниво воде осјетно варира током године до 2 м, тако да се сјеверноисточна обала знатно мијења, лагано спушта, прелази постепено од ливаде у језеро, док је југозападна обала стрма и каменита и спушта се окомито у воду. Дно обалског региона језера је обрасла трском и макрофитском вегетацијом (флотантне и субмерзне биљке), док је дно осталог дијела језера покривено финим муљем (слика 33).

Дио Скадарско језеро који припада Црној Гори проглашен је националним парком. Укупна повшина слива Скадарског језера износи 4.460 км<sup>2</sup>. Дно Скадарског језера представља наставак Зетске равнице. Најнижи дјелови дна језера су испод нивоа мора, а ниво језерске воде је изнад нивоа мора, те тако језеро представља криптодепресију (слика 34).



Слика 34. Скадарско језеро

### 5.3. Физичко - хемијски параметри воде

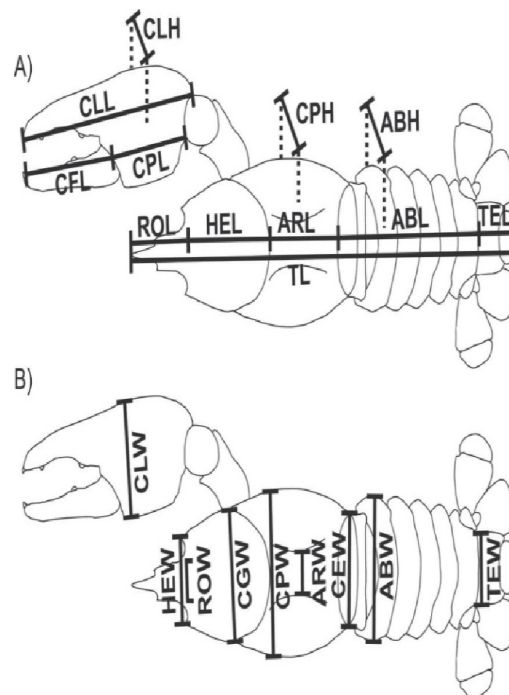
За вријеме сваког узорковања животиња мјерени су физичко-хемијски параметри воде. На терену је мјерена концентрација кисеоника и температура воде (оксиметар с комбинованом електродом Метрел МА 5485) те рН воде (рН-метар Метрел 5750). Везани  $\text{CO}_2$  одређиван је у лабораторију стандардном методом (АРНА, 1981). За потоке на којима је континуирано праћена популација ракова мјерена је и промјена водостаја.

Мониторинг квалитета вода ријеке Зете, Лима, Техотине и Таре се вршио у циљу одрживог коришћења тих водених система. Физичко-хемијски и биолошки мониторинг се вршио у складу са националним и интернационалним шемама и договорима. Коришћено је такозвано мјерење параметара ин ситу са приручном лабораторијом MULTI 340i-SET и спектрофотометријско мерење, коришћењем спектранове 400 у лабораторији користећи комплетне тестове фирме MERCK.

### 5.4. Обрада података

Сваки локалитет на ком је пронађена нека врста представљена је у GIS-у. У свим истраживаним екосистемима узет је узорак воде и у лабораторији урађене физичко-хемијске карактеристике воде. На основу теренског рада и уловљеног материјала анализирана је

популација ријечних ракова и то првенствено њихова структура и дистрибуција. У свјетом стању ракови су анализирани на терену и у лабораторији. Обрада је обухватила мјерење 23 морфометриска обиљежја помоћу шублера, од тоталне дужине тијела (TD), тежина (T) дужине клијешта (CLL), дужине длана клијешта (CPL), дужине прста клијешта (CFL), ширине клијешта (CLW), дебљине клијешта (CLH), дужине цефалоторакса (CEF), дужина рострума (ROL), ширина рострума (ROW), дужина и ширина главе (HEL, HEW), ширина главе на врху (CGW), ширина и дебљина карапакса (CPW, CPH), дужина прса (ARL), ширине бразде (ARW), ширина карапакса на задњем рубу (CEW), ширина, дебљина и дужина абдомена (ABW, ABH, ABL), дужина и ширина телзона (TEL, TEW). (Слика 35). Тежина је мјерена помоћу ваге типа „Kern” мах. тежине 300 g са тачношћу 0,1 g. Пол је одређиван на основу присуства, односно одсуства првог пара плеопода. За сваку врсту урадили смо узрасну и полну структуру. Структура популације по дужини је анализирана тако што су све јединке разврставане у групе, с тим што су у прву групу разврставане јединке дужине до 40 mm, а веће у групе са распоном варирања од 20 mm. На тај начин све јединке су разврстане у седам дужинских група (0-40, 41-60, 61-80, 81-100, 101-120, 121-140 и 141-160 mm).



Слика 35. Мјерена морфометријска обиљежја (Преузето из Sint *et al.*, 2005)

Сваком уловљеном раку измјерено је 23 морфометриска обиљежја, која су описана стандардном дескриптивном статистиком (средња вриједност, мин-мах, стандардна девијација, коефицијент варијације). Статистичка обрада података је изведена помоћу програма Microsoft Excel и Статистика. У свим статистичким анализама коришћен је ниво значајности од 5 % ( $p < 0,05$ ). Иста морфометријска обиљежја измјерена су код врсте *A. astacus* из језера Бусер-Србија и такође су описани стандардном дескриптивном статистиком. Анализа варијансе (ANOVA) коришћена је како би се детектовале разлике између популација (Србија, Црна Гора) код врсте *A. astacus*. Код врсте *P. fluviatilis* мјерена је само тотална дужина, и тежина .

Подаци су затим нормализирани тако што им је вриједност подијељена с одговарајућом посторбиталном дужином ( $POL=HEL+ARL$ ) и у резултатима који се односе на морфометриска обиљежја узимали смо у обзир само нормализиране улазне вриједности. За нормално дистрибуиране податке користили смо параметарски Т- тест како би смо упоредили разлике морфометријских обиљежја код мужјака и женки, а за мали број узорака радили смо Mann-Whitney U- тест како би утврдили статистички значајне разлике морфометријских обиљежја између мужјака и женки.

Анализа варијанси (ANOVA) је коришћена да се види разликују ли се популације исте врсте, или различитих врста. У случају утврђивања разлика рађена је дискриминантна анализа (DA). Пошто је мултиваријатна удаљеност утврђена, потребно је утврдити карактере који највише утичу на пораст те удаљености. С тим циљем кориштена је каноничка анализа (CA). За мултиваријатну анализу међусобних односа (сличности и разлика у морфометрији) истраживаних популација коришћена је хијерархијска кластерска анализа по UPGMA методу.

Генетичка удаљеност и просјечна нуклеотидна удаљеност је у овом истраживању израчуната употребом програма Мега 3.1. (Kumar *et al.*, 2007). Како коришћени програм нема НКУ модела с гама дистрибуцијом, код поменутих кориштен је Tamura и Nei модел с гама дистрибуцијом, као најсличнији моделу НКУ (Nei и Kumar, 2000). Нуклеотидна

разноликост ( $\pi$ ) представља вриједност која показује разноликост нуклеотидних секвенци унутар одређене скупине хаплотипова, односно хаплогрупе.

Основне хемикалије за молекуларно-генетске анализе

У експерименталном дијелу истраживања коришћене су следеће хемикалије:

ХЕМИКАЛИЈЕ (Хрватска)

Етанол

Етилендиаминтетраоцтена киселина (ЕДТА)

Изопропанол

Клоридна киселина

Натријум -хидроксид

Натријум - хлорид

Осетна киселина

SIGMA (САД)

Етидијум – бромид

Натријум – додецил сулфат (СДС)

Боја Оранж Г

RIEDEL-deHAËN (Њемачка)

Трис-(хидроксиметил)-аминометан (TRIS)

ROCHE (Швицарска)

Агароза LE

mQ X<sub>2</sub>O (ултрачиста вода, филтрирана преко састава мили-Q)

DNAфага  $\lambda$

Основне пуферске раствори

У експерименталном дијелу истраживања коришћени су следећи пуфери:

TAE pH 8.0 (Sambrook i Rusell, 2001):

40 mM ТРИС-ацетат

1 mM ЕДТА

ТАЕ рН 8.0 (Sambrook i Rusell, 2001):

10 мМ ТРИС

1 мМ ЕДТА

Лабораторијски потрошни материјал

У експерименталном дијелу истраживања коришћени су следећи потрошни материјали:

ERPENDORF (Њемачка)

Микроепрувете 1,5 мл

Микроепрувете 1,5 мл " Safe-Lock"

PCR микроепрувете 0,5 мЛ " Thin-Walled "

GILSON (САД)

Наставци за микропипете 10  $\mu$ л, 200  $\mu$ л, 1000  $\mu$ л и 10 мл

MOLECULAR BIOPRODUCTS (САД)

ART 10 $\mu$ л, 20  $\mu$ л и 200  $\mu$ л – наставци за микропипете с филтерима

Парафилм М – Лабораторијски филм

Ензими

У експерименталном дијелу истраживања кориштени су слиједећи ензими:

ROCHE (Швајцарска)

РНаза А

QIAGEN (Њемачка)

протеиназа К

#### Електрофоретски стандард

Као електрофоретски стандард у експерименталном дијелу коришћена је DNA врсте *Tenebrio molitor* дјелимично разграђена рестрициском ендонуклеазом *Eco* RI која даје љествицу фрагмената.

### Комплекти реагенаса

У експерименталном дијелу истраживања коришћени су следећи комплекти реагенаса:

ERPENDORF (Њемачка)

HotMasterMix (2.5X) - комплет реагенаса за ланчану реакцију полимеразом

ROCHE (Швајцарска)

High Pure PCR Product Purification Kit - комплет реагенаса за прочишћавање продуката ланчане реакције полимеразом и изолацију фрагмената DNA из агарозног гела

QIAGEN (Њемачка)

DNeasy® Tissue Kit – комплет реагенаса за изолацију укупне геномске DNA из животињског ткива

QIAquick® PCR Purification Kit – комплет реагенаса за прочишћавање продуката ланчане реакције полимеразом.

### Техничка опрема и уређаји

- Адаптери за центрифугу: Адаптери за 0,2 мл PCR-микроепрувете за 1,5/2,0 мл ротор (Eppendorf, Њемачка)
- Адаптер за дигитални фотоапарат: Adapter Ring for Olympus (Кенко, Јапан)
- Аналитичка вага: EW 150-3M (Kern, Њемачка)
- Центрифуга: миниСпин плус (Eppendorf, Њемачка)
- Дигитални фотоапарат: Камедиа С-4000 Зоом (Olympus, Јапан)
- Филтер за етидиј-бромид: Дигитал филтер 590 нм (Peca Products Inc., САД)
- Кадице за електрофорезу: Mini-Sub Cell i Wide Mini-Sub Cell GT (Bio-Rad, САД)
- Кадице за припрему агарозних гелова: Гел Кастер, GT UVTP Gel Tray i Fixed High Comb (Bio-Rad, САД)
- Магнетска мјешалица: Bibby Sturat (Barloworld Scientific, УК)
- Микроталасна пећница: Интеллоуаве (LG, Република Кореа)
- Микропипете: Пипетман 2μл, 20 μл, 200 μл, 1000μл и 10 мл (Гилсон, САД) и

- Eppendorf Research 10 μл, 20μл, 100μл, 200μл и 1000μл (Eppendorf , Њемачка)
- Напајање: : Power Pac 300 (Био-Рад, САД)
- рН метар: рН Метар 744 (Metrohm , Швајцарска)
- Преносно рачунало: Интел® Пентиум™ 2,8 ГХЗ са 512 МБ СД РАМ
- Резач парафилма: Heathrow Scientific (САД)
- Жаштита за лице од УВ зрачења: Bollé (Bushell , САД)
- Термостат: ТермоСтат плус (Еппендорф, Њемачка)
- Тхермал цуцлер: Mastercycler personal (Eppendorf , Њемачка)
- Трансилуминатор: УВ Трансилуминатор TP2000 (Био-Рад, САД)
- Водене купељи: High Performance Water Bath 1235 (Shell Lab, SAD)
- Замрзивач -80° С: Ултра Лоу Температуре Фреезер У101-86 (New Брунсвицк Сциентифиц, УК)
- Замрзивач -20° С и хладњак +40 С: Експрес Цоол ГР-282МФ (ЈИГ, Република Кореа)
- Затварач за PCR -микроепрувете: Capping Aid (Eppendorf, Њемачка)

#### Сакупљање узорака

Цјелокупни материјал коришћен у овом истраживању сакупљен је ручно. Узорак антена или плеоподе ракова су конзервирани у 70 % или 95 % етанолу и држани су на + 4° С све до почетка рада у лабораторији.

#### **5.5. Филогенетске анализе:**

Анализа методом највеће штедљивости (MP метода) - Анализа методом највеће штедљивости - MP (eng. *maximum parsimony*) спроведена је употребом програма RAUP\* 4.0B10 (Swofford, 2001). За добијање филогенетских стабала анализирани су датотеке секвенци гена 16S rRNA и COI у *nexus* формату. Свака датотека састојала се од вишеструко срањених секвенци појединог гена. Све секвенце анализирани су употребом хеуристичког



приступа (Farris, 1970). Статистичка анализа вјероватноће овако добијеног филогенетског стабла проведена је методом самоучитавања (енг. боотстрап) уз 1000 репликација помоћу програма RAUP\* 4.0B10 (Swofford, 2001).

Анализа Bayesian методом (BA метода) - Bayesian анализа (Rannala and Yang, 1996; Mau and Newton, 1997; Mau *et al.*, 1999) темељи се на сазнању о вјероватноћама које су процијењене на основу неког модела тзв. накнадним вјероватноћама (енг. *posterior probabilities*). Bayesian анализа спроведена је помоћу програма MR. BAYES 3.1.1 (Ronquist and Huelsenbeck, 2003) употребом методе „Metropolis-coupled Markov Chain Monte Carlo“ која се темељи на низу независних претрага за скупом најбољих стабала с повременим измјенама информација између претрага (Mau *et al.*, 1999).

#### Изолација DNA

DNA је изолирана помоћу комплета реагенса "DNeasy Tissue Kit" према упутствима произвођача из мишићаног ткива переопода ракова. Завршна елуција изолиране DNA спроведена је са 100  $\mu$ l и 200  $\mu$ l елуцијског пуфера чиме смо добили двије различите концентрирације DNA које смо користили у експерименту.

#### Разградња DNA рестрикцијском ендонуклеазом

Разградња геномске DNA рестрикцијском ендонуклеазом *EcoRI* спроведена је према упутству произвођача специфичним за тај рестрикцијски ензим. Количина употријебљеног рестрикцијског ензима у разградњи била је 3,0 U/ $\mu$ g DNA.

#### Умножавање фрагмената PCR-ом

Реакција умножавања фрагмената DNA ланчаном реакцијом полимеразом урађена је у запреминској реакцијској смјеси од 50  $\mu$ l која је садржала поједине реагенсе, по упутству произвођача комплета реагенса „ХотМастерМих (2.5X)“ како је наведено у Табели 1.

**Табела 1.** Састав реакцијске смјеше и њен количински удио за ланчану реакције полимеразом (PCR ) по упуству произвођача, комплета реагенса „HotMasterMix (2.5X)“

| САСТОЈАК                     | КОЛИЧИНСКИ ДИО |
|------------------------------|----------------|
| Taq                          | 1,0U           |
| PCR пуфер                    | 1 X            |
| dNTP                         | 0,2 mM         |
| MgCl <sub>2</sub>            | 2,5 mM         |
| Почетница 16Sar ili LCO-1490 | 0,4 μл         |
| Почетница 16Sbr ili LCO-2198 | 0,4 μл         |
| DNA калуп                    | 25-200 нг      |

Уз сваки низ PCR реакција употребљавана је негативна контрола која се састојала од свих састојака идентичних у количини и броју с PCR смјесама изузев присутности калупа DNA. Негативне контроле у сваком низу PCR реакција употребљаване су како би се установила евентуална контаминација комплета реагенса или појединих састојака PCR смјесе. Умножавање фрагмената DNA ланчаном реакцијом полимеразом започињало је двоминутном предденатурацијом калупа DNA на 94 °C иза чега је уследило 35 циклуса програма. Унутар сваког циклуса смјењивала су се три карактеристична корака циклуса; денатурација калупа DNA, слепљивање почетница и калупа DNA те синтеза нових фрагмената DNA. Кораци су имали одређена времена трајања и температуре на којима су се одвијали по упуствима произвођача „HotMasterMix (2.5X)“ како је наведено у табели 2.

**Табела 2.** Времена трајања (t/s) и температуре (T/°C) на којима су се одвијали поједини кораци циклуса умножања фрагмената PCR -ом, гдје су кораци: PD – предденатурација, D – денатурација, A – слепљивање, S – синтеза, FS – завршна синтеза, а n – број циклуса.

| КОМПЛИЕТ РЕАГЕНАСА  | PD  |      | D   |      | A   |      | S   |      | FS  |      | n  |
|---------------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|----|
|                     | t/s | T/°C | t/s | T/°C | t/s | T/°C | t/s | T/°C | t/s | T/°C |    |
| HotMasterMix (2.5X) | 120 | 94   | 45  | 94   | 45  | 50   | 60  | 65   | 420 | 65   | 35 |

Сваки програм је завршен завршном реакцијом синтезе DNA у трајању 7 минута на 65 °C. Тиме је омогућен завршетак синтезе свих започетих фрагмената DNA те додавање аденозина на 3' крај сваког фрагмента.

Почетнице коришћене при умножавању PCR- ом

Почетнице кориштене у реакцијама ланчане реакције полимеразом биле су:

- за умножање фрагмента 16S rRNA гена: (Simon *et al.*, 1994)

16Sar: 5' – CGCCTGTTTATCAAAAACAT – 3'

16sbr: 5' – CCGGTCTGAACTCAGATCACGT – 3'

- за умножање фрагмента подјединице II гена цитокром-оксидазе: (Folmer *et al.*, 1991)

LCO-1490: 5' – GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG – 3'

HCO-2198: 5' – TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA – 3'

Карактеристике почетница наведене су у Табели 3.

**Табела 3.** Нуклеотидни састав (G + C / %), температура мекшања (T<sub>m</sub> / °C), релативна молекулска маса (Mr) и број парова база (пб) почетница за PCR фрагмената гена 16S rRNA и COI

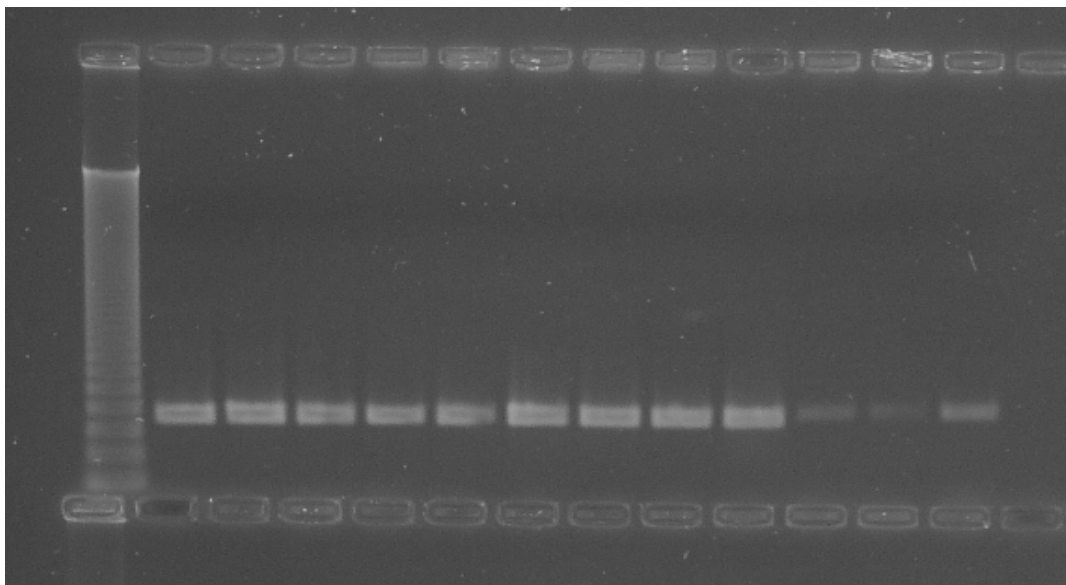
| ПОЧЕТНИЦА | G + C / % | T <sub>m</sub> / °C | Mr     | pb |
|-----------|-----------|---------------------|--------|----|
| 16Sar     | 35        | 51,2                | 5996,0 | 20 |
| 16Sbr     | 54,6      | 62,1                | 6631,4 | 25 |
| LCO       | 32        | 56,4                | 7658,1 | 25 |
| HCO       | 34,6      | 58,5                | 7916,3 | 26 |

#### Електрофоретско одвајање фрагмената DNA

Фрагменти који су добијени након ланчане реакције полимеразом раздвајани су на 1% агарозном гелу. Агарозни гелови су припремани у 1 X TEA пуферу.

Електрофореза је спровођена у истом пуферу при јачини струје од 70 до 120 mA и у електричном пољу јачине 5 V/cm . Узорци су прво отопљени у TE пуферу а затим нанесени на гел. Ради лакшег праћења електрофорезе у узорке смо додали боју оранџ Г (1/3 укупне запремине).

За одређивање величине фрагмената на гелу коришћен је стандард геномске DNA *Tenebrio molitor* разграђен помоћу рестрикцијске ендонуклеазе *EcoRI*. Да би DNA учинили видљивим под УВ свјетлом дужине 312 нм агарозне гелове смо након електрофорезе умочили у 0,5 mg/ml водени раствор етидијум - бромида. Гелове смо оставили умочене у водени раствор етидијум-бромида 15-20 минута након чега смо их извадили и пренијели на трансилуминатор и фотографисали помоћу дигиталног фотоапарата спојеног на сопствени компјутер (слика 36).



**Слика 36.** Фотографија агарозног гела и продуката ланчане реакције полимеразом гена за 16S rRNA након електрофорезе и бојања у етидијум бромиду

#### Одређивање примарне структуре DNA (секвенцирање)

Прочишћени фрагменти молекула DNA након ланчане реакције полимеразом послати су у компанији Макроген инц. са сједиштем у Јужној Кореји ради одређивања примарне структуре молекула DNA. Нуклеотидни сљедови фрагмента молекула DNA учитани су с корисничке странице Макроген инц. у облику фаста, пдф и сцф датотека. За читање .scf датотека употребљаван је рачунски програм Chromas LITE 2.0 учитан са интернет странице: [www.technelysium.com.au/chromas.html](http://www.technelysium.com.au/chromas.html).

### 5.6.Анализа 16S rRNA генске секвенце

Истраживања филогенетских односа код врста *A. astacus*, *A. pallipes* и *A. torrentium* са простора Црне Горе, Србије и Хрватске урађена су на основу 108 секвенци 16S rRNA, од чега је 56 секвенци из узоркованих јединки (Табела 4.), а преосталих 52 секвенци преузето је са Интернета из ГенБанк базе података при NCBI-у (National Center for Biotechnology Information ) (Табела 5).

**Табела 4.** Узорци кориштени за анализу помоћу маркера 16S rRNA

| Р.бр | Име врсте         | Локалитет, Држава      | Име узорка   | Хаплотип   | Хаплогрупа       |
|------|-------------------|------------------------|--------------|------------|------------------|
| 1    | <i>A. astacus</i> | Јез. Бусер, СРБИЈА     | <i>Aa337</i> | <i>Aa1</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 2    | <i>A. astacus</i> | Јез. Бусер, СРБИЈА     | <i>Aa338</i> | <i>Aa1</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 3    | <i>A. astacus</i> | Јез. Бусер, СРБИЈА     | <i>Aa339</i> | <i>Aa1</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 4    | <i>A. astacus</i> | Јез. Бусер, СРБИЈА     | <i>Aa340</i> | <i>Aa1</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 5    | <i>A. astacus</i> | Јез. Бусер, СРБИЈА     | <i>Aa341</i> | <i>Aa1</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 6    | <i>A. astacus</i> | Јез. Бусер, СРБИЈА     | <i>Aa342</i> | <i>Aa1</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 7    | <i>A. astacus</i> | Јез. Бусер, СРБИЈА     | <i>Aa343</i> | <i>Aa1</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 8    | <i>A. astacus</i> | Акум.Ливеровићи, Ц.Г.  | <i>Aa334</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 9    | <i>A. astacus</i> | Горњи ток Зете, Ц.Г.   | <i>Aa345</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 10   | <i>A. astacus</i> | Горњи ток Зете, Ц.Г.   | <i>Aa346</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 11   | <i>A. astacus</i> | Горњи ток Зете, Ц.Г.   | <i>Aa347</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 12   | <i>A. astacus</i> | Горњи ток Зете, Ц.Г.   | <i>Aa348</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 13   | <i>A. astacus</i> | Горњи ток Зете, Ц.Г.   | <i>Aa349</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 14   | <i>A. astacus</i> | Јез.Боровик,Нашице, ХР | <i>Aa370</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 15   | <i>A. astacus</i> | Ријека Крапина, ХР     | <i>Aa371</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 16   | <i>A. astacus</i> | Ријека Субоцка, ХР     | <i>Aa374</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 17   | <i>A. astacus</i> | Јежево,ХР              | <i>Aa376</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 18   | <i>A. astacus</i> | Ријека Пакра,Кусоње,ХР | <i>Aa377</i> | <i>Aa2</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 19   | <i>A. astacus</i> | Горњи ток Зете, Ц.Г.   | <i>Aa350</i> | <i>Aa3</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 20   | <i>A. astacus</i> | Нови Мароф,СЗ Хрватска | <i>Aa375</i> | <i>Aa3</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 21   | <i>A. astacus</i> | Плитвичка језера, ХР   | <i>Aa393</i> | <i>Aa3</i> | <i>Aa</i> Европа |
| 22   | <i>A. astacus</i> | Плитвичка језера, ХР   | <i>Aa394</i> | <i>Aa3</i> | <i>Aa</i> Европа |

|    |                           |                          |               |             |                      |
|----|---------------------------|--------------------------|---------------|-------------|----------------------|
| 23 | <i>A. astacus</i>         | Горњи ток Зете, Ц.Г.     | <i>Aa351</i>  | <i>Aa3</i>  | <i>Aa</i> Европаа    |
| 24 | <i>A. astacus</i>         | Горњи ток Зете, Ц.Г.     | <i>Aa352</i>  | <i>Aa3</i>  | <i>Aa</i> Европа     |
| 25 | <i>A. torrentium</i>      | Поток Доље, ЗГ.ХР.       | <i>AtHR1</i>  | <i>At1</i>  | <i>At</i> Дунав      |
| 26 | <i>A. torrentium</i>      | Поток Краљевац, ЗГ.ХР    | <i>AtHR1</i>  | <i>At1</i>  | <i>At</i> Дунав      |
| 27 | <i>A. torrentium</i>      | Поток Дубравица, ЗГ.ХР   | <i>AtHR1</i>  | <i>At1</i>  | <i>At</i> Дунав      |
| 28 | <i>A. torrentium</i>      | Сарни потик, ЗГ.ХР       | <i>AtHR1</i>  | <i>At1</i>  | <i>At</i> Дунав      |
| 29 | <i>A. torrentium</i>      | Врховци, Пожега          | <i>AtHR1</i>  | <i>At1</i>  | <i>At</i> Дунав      |
| 30 | <i>A. torrentium</i>      | Грачани, Загреб, ХР      | <i>AtHR1</i>  | <i>At1</i>  | <i>At</i> Дунав      |
| 31 | <i>A. torrentium</i>      | Мразлак, Загреб, ХР      | <i>AtHR1</i>  | <i>At1</i>  | <i>At</i> Дунав      |
| 32 | <i>A. torrentium</i>      | Вучјак, Пожега           | <i>AtHR1</i>  | <i>At1</i>  | <i>At</i> Дунав      |
| 33 | <i>A. torrentium</i>      | Вучјак, Пожега           | <i>AtHR1</i>  | <i>At1</i>  | <i>At</i> Дунав      |
| 34 | <i>A. torrentium</i>      | Топлодол. река СРБИЈА    | <i>AtSRB1</i> | <i>AtT2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 35 | <i>A. torrentium</i>      | Топлодол. река СРБИЈА    | <i>AtSRB1</i> | <i>AtT2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 36 | <i>A. torrentium</i>      | Топлодол. река СРБИЈА    | <i>AtSRB1</i> | <i>AtT2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 37 | <i>A. torrentium</i>      | Топлодол. река СРБИЈА    | <i>AtSRB1</i> | <i>AtT2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 38 | <i>A. torrentium</i>      | Ријека Црнојевића, Ц.Г.  | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> J. Балкан  |
| 39 | <i>A. torrentium</i>      | Ријека Црнојевића, Ц.Г.  | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> J. Балкан  |
| 40 | <i>A. torrentium</i>      | Ријека Црнојевића, Ц.Г.  | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> J. Балкан  |
| 41 | <i>A. torrentium</i>      | Ријека Црнојевића, Ц.Г.  | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> J. Балкан  |
| 42 | <i>A. torrentium</i>      | Ријека Црнојевића, Ц.Г.  | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> J. Балкан  |
| 43 | <i>A. torrentium</i>      | Ријека Црнојевића, Ц.Г.  | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> J. Балкан  |
| 44 | <i>A. torrentium</i>      | Ријека Црнојевића, Ц.Г.  | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> J. Балкан  |
| 45 | <i>A. torrentium</i>      | Ријека Црнојевића, Ц.Г.  | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> J. Балкан  |
| 46 | <i>A. torrentium</i>      | Златибор СРБИЈА          | <i>AtSR2</i>  | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 47 | <i>A. torrentium</i>      | Златибор СРБИЈА          | <i>AtSR2</i>  | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 48 | <i>A. torrentium</i>      | Златибор СРБИЈА          | <i>AtSRB2</i> | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 49 | <i>A. torrentium</i>      | Златибор СРБИЈА          | <i>AtSRB2</i> | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 50 | <i>A. torrentium</i>      | Грошничка река, СРБИЈА   | <i>AtSRB2</i> | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 51 | <i>A. torrentium</i>      | Грошничка река, СРБИЈА   | <i>AtSRB2</i> | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 52 | <i>A. torrentium</i>      | Грошничка река, СРБИЈА   | <i>AtSRB2</i> | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> J. Балкан  |
| 53 | <i>A. torrentium</i>      | Сртук Плит. језера ЗПБ 1 | <i>Athr2</i>  | <i>Atp1</i> | <i>At</i> Плитвице   |
| 54 | <i>A. i. meridionalis</i> | Зета Ц.Г.                | <i>Ap1</i>    | <i>Ap1</i>  | <i>A. i. m.</i> Зета |
| 55 | <i>A. i. meridionalis</i> | Ријека Раша, Истра, ХР   | <i>Ap2</i>    | <i>Ap1</i>  | <i>A. i. m.</i> Раша |
| 56 | <i>A. i. meridionalis</i> | Ријека Раша, Истра, ХР   | <i>Ap2</i>    | <i>Ap1</i>  | <i>A. i. m.</i> Раша |

Табела 5. Генске секвенце за 16S rRNA преузете из ГенБанке-а

| R. br. | Ime vrste          | Lokalitet, Drzava           | Haplotip       | Gen Banka<br>Pristupni broj | Haplogrupa               |
|--------|--------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------|
| 57     | <i>A. astacus</i>  |                             | <i>AaZJ</i>    | DQ320033                    | <i>A. astacus</i>        |
| 58     | <i>A. astacus</i>  |                             | <i>AaZJ</i>    | AF235983                    | <i>A. astacus</i>        |
| 59     | <i>A. astacus</i>  | Jaruga, Stajničko polje, HR | <i>AaZJ</i>    | GU727618                    | <i>A. astacus</i>        |
| 60     | <i>A. pallipes</i> | Tanaro, Po, IT              | A1N IFratini   | AY611183                    | <i>A.i. carinthiacus</i> |
| 61     | <i>A. pallipes</i> | Lambro, Po, IT              | A2LCFratini    | AY611184                    | <i>A.i. carinthiacus</i> |
| 62     | <i>A. pallipes</i> | Gottero, Magra, IT          | A3GFratini     | AY611185                    | <i>A.i. carinthiacus</i> |
| 63     | <i>A. pallipes</i> | Paudèze, Rhône, Les, CH     | SW1Rh1Fratini  | AJ242708                    | <i>A.i. carinthiacus</i> |
| 64     | <i>A. pallipes</i> | Rhone, SW                   | SW2Rh2Fratini  | AJ242709                    | <i>A.i. carinthiacus</i> |
| 65     | <i>A. pallipes</i> | Aqua bianca Collegnago, IT  | Mbarbaresi     | EU308125                    | <i>A.i. carinthiacus</i> |
| 66     | <i>A. pallipes</i> | Lac Grond, Rhine, L CH      | S1LGLargiader  | AJ242704                    | <i>A.i. carinthiacus</i> |
| 67     | <i>A. pallipes</i> | Versa, Volpara, I           | ArdZaccara     | AY521290                    | <i>A.i. carinthiacus</i> |
| 68     | <i>A. pallipes</i> | Ardiversa, Rovescala, I     | Ard2Zaccara    | AY521290                    | <i>A.i. carinthiacus</i> |
| 69     | <i>A. pallipes</i> | Rosandra, Rosandra, IT      | A4RFratini     | AY611186                    | <i>A.i. carsicus</i>     |
| 70     | <i>A. pallipes</i> | Lambro, Po, IT              | A15L1Fratini   | AY611195                    | <i>A.i. carsicus</i>     |
| 71     | <i>A. pallipes</i> | Lambro, Po, IT              | A16MFratini    | AY611196                    | <i>A.i. carsicus</i>     |
| 72     | <i>A. pallipes</i> | Lambro, Po, IT              | A17L2Fratini   | AY611197                    | <i>A.i. carsicus</i>     |
| 73     | <i>A. pallipes</i> | Lake Caldonazzo, Brent, IT  | A18CFratini    | AY611198                    | <i>A.i. carsicus</i>     |
| 74     | <i>A. pallipes</i> | Monti Berici, Vicenza, I    | V1MB1Largiader | AJ242710                    | <i>A.i. carsicus</i>     |
| 75     | <i>A. pallipes</i> | Monti Berici, AdVicenza, I  | V2MB2Largiader | AJ242711                    | <i>A.i. carsicus</i>     |
| 76     | <i>A. pallipes</i> | Chiese, Brescia, I          | BsZaccara      | AY521288                    | <i>A.i. carsicus</i>     |
| 77     | <i>A. pallipes</i> | Farfareta, Arno, IT         | A6F1Fratini    | AY611187                    | <i>A. i. italicus</i>    |
| 78     | <i>A. pallipes</i> | Farfareta, Arno, IT         | A7F2Fratini    | AY611188                    | <i>A. i. italicus</i>    |
| 79     | <i>A. pallipes</i> | Lama, Bidente-Ronco, IT     | A8LFratini     | AY611189                    | <i>A. i. italicus</i>    |
| 80     | <i>A. pallipes</i> | Samoggia, Reno, IT          | A19S1Fratini   | AF237590                    | <i>A. i. italicus</i>    |



|     |                      |                               |                |          |                         |
|-----|----------------------|-------------------------------|----------------|----------|-------------------------|
| 81  | <i>A. pallipes</i>   | Prugnano, Arno, IT            | ApBarbaresi    | EU308123 | <i>A. i. italicus</i>   |
| 82  | <i>A. pallipes</i>   | Maggiore,<br>Gorandaccio, IT  | ApB3Barbaresi  | EU308122 | <i>A. i. italicus</i>   |
| 83  | <i>A. pallipes</i>   | Metaleto, Metaleto, IT        | ApMBarbaresi   | EU308124 | <i>A. i. italicus</i>   |
| 84  | <i>A. pallipes</i>   | Duranna, Tevere, IT           | A9DFratini     | AY611190 | <i>A.i.meridionalis</i> |
| 85  | <i>A. pallipes</i>   | Visone, Po, IT                | A13VFrattini   | AY611192 | <i>A.i.meridionalis</i> |
| 86  | <i>A. pallipes</i>   | Nera, Tevere, IT              | A14NFrattini   | AY611193 | <i>A.i.meridionalis</i> |
| 87  | <i>A. pallipes</i>   | Rizana, Adriatic, SL          | A28RFrattini   | AF237593 | <i>A.i.meridionalis</i> |
| 88  | <i>A. pallipes</i>   | Settefonti, Bisenzio, IT      | ApB1Barbaresi  | EU308126 | <i>A.i.meridionalis</i> |
| 89  | <i>A. pallipes</i>   | Fiumenta, Bisenzio, IT        | ApB2Barbaresi  | EU308127 | <i>A.i.meridionalis</i> |
| 90  | <i>A. pallipes</i>   | Scrivia, Rigoroso, I          | A5A23NFrattini | AY521285 | <i>A. pallipes</i>      |
| 91  | <i>A. pallipes</i>   | Oxentina, Argentina,<br>IT    | A21OFrattini   | AF237597 | <i>A. pallipes</i>      |
| 92  | <i>A. pallipes</i>   | Arvigo, Bisagno, IT           | A22AFrattini   | AY611202 | <i>A. pallipes</i>      |
| 93  | <i>A. pallipes</i>   | Montenotte, Po, IT            | A24MFrattini   | AY611204 | <i>A. pallipes</i>      |
| 94  | <i>A. pallipes</i>   | Artix, Ariege, FR             | A25AFrattini   | AF237610 | <i>A. pallipes</i>      |
| 95  | <i>A. pallipes</i>   | Paudèze, Rhône, Les<br>CH     | A26IOFrattini  | AJ242703 | <i>A. pallipes</i>      |
| 96  | <i>A. pallipes</i>   | Val Renard, Orne, FR          | A27VFrattini   | AF237595 | <i>A. pallipes</i>      |
| 97  | <i>A. pallipes</i>   | Lindenbach, Limmat<br>CH      | N2ALFrattini   | AJ242701 | <i>A. pallipes</i>      |
| 98  | <i>A. pallipes</i>   | Steinbach, Aare<br>(Rhine) CH | N3SFrattini    | AJ242702 | <i>A. pallipes</i>      |
| 99  | <i>A. pallipes</i>   | Eyrieux/Doux,<br>(Rhône), F   | N1ELargiader   | AJ242700 | <i>A. pallipes</i>      |
| 100 | <i>A. pallipes</i>   | La Grace, Clain, FR           | ApCGrandjean   | AF237598 | <i>A. pallipes</i>      |
| 101 | <i>A. pallipes</i>   | Borbera, Vignole A., I        | ApLS2Zaccara   | AY521295 | <i>A. pallipes</i>      |
| 102 | <i>A. pallipes</i>   | Borbera, Vignole A., I        | ApLS52Zaccara  | AY521294 | <i>A. pallipes</i>      |
| 103 | <i>A. pallipes</i>   | Borbera, Vignole A., I        | ApLS53Zaccara  | AY521296 | <i>A. pallipes</i>      |
| 104 | <i>A. pallipes</i>   | Malone, Proscarno, I          | ApRR2Zaccara   | AY521286 | <i>A. pallipes</i>      |
| 105 | <i>A. pallipes</i>   | Sesia, Serravalle S., I       | ApSS2Zaccara   | AY521287 | <i>A. pallipes</i>      |
| 106 | <i>A. torrentium</i> | SGermany                      | AtAustSGerm    | AM181346 | <i>A.t. Дунав</i>       |
| 107 | <i>A. torrentium</i> | Логатец, Сл                   | AtЛогатец      | AM181347 | <i>A.t. Дунав</i>       |
| 108 | <i>A. torrentium</i> | Сандарска Бистрица,<br>PO     | AtСБистрица    | AM181348 | <i>A.t. Дунав</i>       |



## 5.7. Анализиране COI генске секвенце

Истраживања филогенетских односа код врста *A. astacus*, *A. pallipes* и *A. torrentium* са простора Црне Горе, Србије и Хрватске, урађена су на основу 89. секвенцу COI гена од чега је 38 секвенци из узоркованих јединки (Табела 6.), а преосталих 51. секвенци преузето је са Интернета из ГенБанк базе података при NCBI-у. (National Center for Biotechnology Information ) (Табела 7).

Табела 6. Узорци коришћени за анализу помоћу маркера COI

| Р. бр. | Име врсте            | Локалитет, Држава               | Име узорка    | Хаплотип    | Хаплогрупа          |
|--------|----------------------|---------------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| 1      | <i>A. astacus</i>    | Јез. Бусер, СРБИЈА              | <i>Aa100</i>  | <i>Aa1</i>  | <i>Aa</i> . Бусер   |
| 2      | <i>A. astacus</i>    | Јез. Бусер, СРБИЈА              | <i>Aa100</i>  | <i>Aa1</i>  | <i>Aa</i> . Бусер   |
| 3      | <i>A. astacus</i>    | Liverovići                      | <i>Aa101</i>  | <i>Aa2</i>  | <i>Aa</i> . Европа  |
| 4      | <i>A. astacus</i>    | Ливеровићи                      | <i>Aa101</i>  | <i>Aa2</i>  | <i>Aa</i> . Европа  |
| 5      | <i>A. astacus</i>    | Ливеровићи                      | <i>Aa101</i>  | <i>Aa2</i>  | <i>Aa</i> . Европа  |
| 6      | <i>A. astacus</i>    | Ливеровићи                      | <i>Aa101</i>  | <i>Aa2</i>  | <i>Aa</i> . Европа  |
| 7      | <i>A. astacus</i>    | Ријека Мрежни,<br>Добренићи, ХР | <i>Aa102</i>  | <i>Aa3</i>  | <i>Aa</i> . Европа  |
| 8      | <i>A. astacus</i>    | Ријека Крапина, ХР              | <i>Aa102</i>  | <i>Aa3</i>  | <i>Aa</i> . Европа  |
| 9      | <i>A. torrentium</i> | Топлодол. река СРБИЈА           | <i>AtSRB1</i> | <i>AtT2</i> | <i>At</i> . ЈБалкан |
| 10     | <i>A. torrentium</i> | Златибор СРБИЈА                 | <i>AtSRB1</i> | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> . ЈБалкан |
| 11     | <i>A. torrentium</i> | Златибор СРБИЈА                 | <i>AtSRB1</i> | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> .ЈБалкан  |
| 12     | <i>A. torrentium</i> | Ријека Црнојевића, Ц.Г.         | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> .ЈБалкан  |
| 13     | <i>A. torrentium</i> | Ријека Црнојевића, Ц.Г.         | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> . ЈБалкан |
| 14     | <i>A. torrentium</i> | Ријека Црнојевића, Ц.Г.         | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> .ЈБалкан  |
| 15     | <i>A. torrentium</i> | Ријека Црнојевића, Ц.Г.         | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> .ЈБалкан  |
| 16     | <i>A. torrentium</i> | Златибор СРБИЈА                 | <i>AtSRB1</i> | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> . ЈБалкан |
| 17     | <i>A. torrentium</i> | Златибор СРБИЈА                 | <i>AtSRB1</i> | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> .ЈБалкан  |
| 18     | <i>A. torrentium</i> | Грошничка река, СРБИЈА          | <i>AtSRB1</i> | <i>AtZ2</i> | <i>At</i> . ЈБалкан |
| 19     | <i>A. torrentium</i> | Ријека Црнојевића, Ц.Г.         | <i>AtCG1</i>  | <i>At3</i>  | <i>At</i> . ЈБалкан |

|    |                      |                                 |               |              |                      |
|----|----------------------|---------------------------------|---------------|--------------|----------------------|
| 20 | <i>A. torrentium</i> | Иванечка Желјезни<br>Иванец, ХР | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 21 | <i>A. torrentium</i> | Ријека <b>Лонја</b> , ХР        | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 22 | <i>A. torrentium</i> | Поток Краљевац, ЗГ.ХР           | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 23 | <i>A. torrentium</i> | Поток Врховци, Пожега           | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 24 | <i>A. torrentium</i> | Поток Доље, ЗГ.ХР.              | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 25 | <i>A. torrentium</i> | Поток Доље, ЗГ.ХР.              | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 26 | <i>A. torrentium</i> | Поток Дубравица, ЗГ.ХР          | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 27 | <i>A. torrentium</i> | Поток Грачани,<br>Загреб, ХР    | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 28 | <i>A. torrentium</i> | Поток Врховци, Пожега           | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 29 | <i>A. torrentium</i> | Поток Буковиц, Пожега,          | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 30 | <i>A. torrentium</i> | Поток Вучјак, Пожега            | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 31 | <i>A. torrentium</i> | Поток Вучјак, Пожега            | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> 1  | <i>At</i> . Дунав    |
| 32 | <i>A. torrentium</i> | Сартук Плитвице                 | <i>At</i> HR1 | <i>At</i> P1 | <i>At</i> . Плитвице |
| 33 | <i>A. pallipes</i>   | Ријека Мирна, ХР                | <i>Ap</i> 317 | <i>Ap</i> 2  | <i>Aim</i> . Раша    |
| 34 | <i>A. pallipes</i>   | Ријека Раша, Истра, ХР          | <i>Ap</i> 318 | <i>Ap</i> 2  | <i>Aim</i> . Раша    |
| 35 | <i>A. pallipes</i>   | Пролошко благо,<br>Проложа, ХР  | <i>Ap</i> 319 | <i>Ap</i> 2  | <i>Aim</i> . Раша    |
| 36 | <i>A. pallipes</i>   | Зета                            | <i>Ap</i> 320 | <i>Ap</i> 2  | <i>Aim</i> . Раша    |
| 37 | <i>A. pallipes</i>   | Зета Ц.Г.                       | <i>Ap</i> 333 | <i>Ap</i> 1  | <i>Aim</i> . Раша    |
| 38 | <i>A. pallipes</i>   | Зета Ц.Г.                       | <i>Ap</i> 334 | <i>Ap</i> 1  | <i>Aim</i> . Раша    |

Табела 7. Генске секвенце за COI преузете из ГенБанке-а

| Р. бр. | Име врсте            | Локалитет, Држава                   | Хаплотип           | ГенБанка<br>Пристапни<br>број | Хаплогрупа              |
|--------|----------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 39     | <i>A. astacus</i>    | Поток Јаруга, Стајничко<br>поље, ХР | <i>Aa</i> 422      | GU727619                      | <i>A.a.</i> . Европа    |
| 40     | <i>A. astacus</i>    | Норвешка                            | <i>Aa</i> NP       | AF517104                      | <i>A.a.</i> . Европа    |
| 41     | <i>A. astacus</i>    | Пољска                              | <i>Aa</i> NP       | AF517103                      | <i>A.a.</i> . Европа    |
| 42     | <i>A. torrentium</i> | Батаниа, Коџпа,<br>Поликастро, ГР   | <i>At</i> Батаниа  | AУ667138                      | <i>A.t.</i> . Ј. Балкан |
| 43     | <i>A. torrentium</i> | Ано Кефалари, Драма, ГР             | <i>At</i> Кефалари | AУ667132                      | <i>A.t.</i> . Ј. Балкан |

|    |                      |   |                    |          |                                     |
|----|----------------------|---|--------------------|----------|-------------------------------------|
| 44 | <i>A. torrentium</i> | Рамна, Акритохори,<br>Сидироко, ГР      | AtКотрума          | AY667134 | <i>A.t.</i> .J. Балкан              |
| 45 | <i>A. torrentium</i> | Марас, Пиге, Драма, ГР                  | AtМараш            | AY667133 | <i>A.t.</i> .J. Балкан              |
| 46 | <i>A. torrentium</i> | Рамна, Акритохори,<br>Сидироко, ГР      | AtМРамна           | AY667136 | <i>A.t.</i> .J. Балкан              |
| 47 | <i>A. torrentium</i> | Ријека Црнојевића,<br>Цетиње, МЕ        | AtР.<br>Црнојевића | AY667139 | <i>A.t.</i> .J. Балкан              |
| 48 | <i>A. torrentium</i> | Струма трибутару, Санд.<br>Бистрица, БГ | AtКоСтрума         | AM180948 | <i>A.t.</i> .J. Балкан              |
| 49 | <i>A. torrentium</i> | Бохињ, Сл                               | AtБохињ            | AY667124 | <i>A.t.</i> . Дунав                 |
| 50 | <i>A. torrentium</i> | Рхине & Данубе сус, ДЕ<br>анд ЦХ        | AtBreisgau         | AM180942 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 51 | <i>A. torrentium</i> | Ракитна, Љубљана, Сл                    | AtДунЛог           | AY667127 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 52 | <i>A. torrentium</i> | Ривер Церкница, Церкно,<br>Сл           | AtЦеркно           | AY667122 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 53 | <i>A. torrentium</i> | Довје, Јесенице, Сл                     | AtДовје            | AY667142 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 54 | <i>A. torrentium</i> | Горењи Лази, Рибница, Сл                | AtGЛази            | AY667144 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 55 | <i>A. torrentium</i> | Глиншчица Цреек,<br>Љубљана, СЛ         | AtГлинсица         | AY667128 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 56 | <i>A. torrentium</i> | Башкаграпа, Толмин, Сл                  | AtГрапца           | AY667121 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 57 | <i>A. torrentium</i> | Велика, Демиркџу,<br>Киркларели, ТР     | AtВелика           | AY667131 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 58 | <i>A. torrentium</i> | Виенервалд, еастерн АТ                  | AtWienerwald       | AM180946 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 59 | <i>A. torrentium</i> | Зала Цреек, Годович,<br>Идрија, Сл      | AtЗала             | AY667123 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 60 | <i>A. torrentium</i> | Заплана, Логатец, Сл                    | AtЗаплана          | AY667129 | <i>A.t.</i> Дунав                   |
| 61 | <i>A. torrentium</i> | Гривачки поток, Гривац,<br>Кочевје, Сл  | AtГривачки         | AY667145 | <i>A.t.</i> .Купа                   |
| 62 | <i>A. torrentium</i> | Колпа Риверолења Жага,<br>Кочев Сл      | AtGКупа            | AY667140 | <i>A.t.</i> .Купа                   |
| 63 | <i>A. torrentium</i> | Белица Цреек, Кочевје, Сл               | AtОсилница         | AY667125 | <i>A.t.</i> .Купа                   |
| 64 | <i>A. pallipes</i>   | Кастелбианцо, Империа,<br>ИТ            | ApФранце           | AF526891 | <i>A. pallipes</i>                  |
| 65 | <i>A. pallipes</i>   | Лас Иллас, Перпигнан, ФР                | ApCST14            | AY121111 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 66 | <i>A. pallipes</i>   | Кастеллуцио, Потенза,<br>ИТ             | ApBAT2             | AY121112 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 67 | <i>A. pallipes</i>   | Губбио, Перугиа, ИТ                     | ApGUB4             | AY121113 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 68 | <i>A. pallipes</i>   | Редиполос, Риано, Леон,<br>ЕС           | ApИберик           | AY121115 | <i>A.i.i.</i><br><i>+carinthiac</i> |

|    |                    |                                       |             |          |                                     |
|----|--------------------|---------------------------------------|-------------|----------|-------------------------------------|
| 69 | <i>A. pallipes</i> | Браккио, Вербаниа, ИТ                 | ApBRA5      | AY121116 | <i>A.i.i.</i><br><i>+carinthiac</i> |
| 70 | <i>A. pallipes</i> | Гитсцхтал, Царинтхиа, АТ              | ApАлпсЦрес  | AY121117 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 71 | <i>A. pallipes</i> | Џбсизза, Цивидаде дел<br>Фриули, ИТ   | ApСоча      | AY121118 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 72 | <i>A. pallipes</i> | Бузет, ХР                             | Ap_MIR9     | AY121119 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 73 | <i>A. pallipes</i> | Рјечина, Ријека, ХР                   | Ap_REC4     | AY121121 | <i>A.i. carsicus</i>                |
| 74 | <i>A. pallipes</i> | Сантуарио, Имагна,<br>Бергамо, ИТ     | ApVIM2      | AY121122 | <i>A.i. carsicus</i>                |
| 75 | <i>A. pallipes</i> | Стелла, Стерпо, Цодроипо,<br>ИТ       | ApVED15     | AY121123 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 76 | <i>A. pallipes</i> | Леале Авасинис, Гемона<br>дел Фри, ИТ | ApGIT3      | AY121124 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 77 | <i>A. pallipes</i> | Стелла, Стерпо, Цодроипо,<br>ИТ       | ApSTE4      | AY121125 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 78 | <i>A. pallipes</i> | Штањел, Випава, Сл                    | ApVIP7      | AY121126 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 79 | <i>A. pallipes</i> | н/а                                   | Ap_BEL2     | AY121127 | <i>A.i. carsicus</i>                |
| 80 | <i>A. pallipes</i> | Драгоња Ривер, Пиран, Сл              | Ap_Драгонја | AY667107 | <i>A.i. carsicus</i>                |
| 81 | <i>A. pallipes</i> | Брачана поток, Бузет, ХР              | Ap_Брачана  | AY667109 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 82 | <i>A. pallipes</i> | Боренитзе Бацх,<br>Веивбриацх, Хе.АТ  | ApАлпсЦрес  | AY667112 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 83 | <i>A. pallipes</i> | Моосбацхл, Георген,<br>Брунецк, ИТ    | ApMoosbachl | AY667113 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 84 | <i>A. pallipes</i> | Језеро Модро Око, Плоче,<br>ХР        | ApДЗета     | AY667116 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 85 | <i>A. pallipes</i> | Млаке, Випава, Сл                     | ApВипава    | AY667117 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 86 | <i>A. pallipes</i> | Сопотница Цреек, Толмин,<br>Сл        | ApСопотница | AY667119 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 87 | <i>A. pallipes</i> | Осапска река, Копер, Сл               | Ap Осапска  | AY667120 | <i>A.i.Осапска</i>                  |
| 88 | <i>A. pallipes</i> | Регио ди Касерта, ИТ                  | ApCaserta1  | AB443447 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |
| 89 | <i>A. pallipes</i> | Регио ди Касерта, ИТ                  | ApCST14     | AB443450 | <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i>  |

## 5.8. Анализа степена и фактора угрожености

На основу теренских истраживања урађене су абиотичке карактеристике станишта и то: географске, морфометријске, физичке и хемијске. Затим су приказане морфометријске карактеристикама ракова (Sint *et al.*, 2005). Као и карактеристике популација: укупна бројност, ( $N_t$ ), полну структуру (% женки и мужјака), узрасна структура и % репродуктивно способних женки по узрасним класама. Такође су приказани параметри и тростепена бодовна скала модела „ES-NIPPO” (Simic *et al.*, 2007) која обухвата параметре: Еколошке Специјализације (ES): станиште, исхрана, репродуктивна стратегија, подлога, историју живота, величина тијела, ниво ендемизма и острвска изолација-изолација и „NIPPO” факторе: измјене станишта, инвазивне врсте, загађење, раст хумане популације и прекомјерно искориштавање. Ризик од изумирања и приоритет конзервације популација ракова одређиван је на основу модела ES- NIPPO (Simic *et al.*, 2007), и базе података “BAES ex situ ” (Simic *et al.*, 2007). Основна новина односи се на додавању постојећим целинама модела: Екологичка Специјализација (ES) и фактори (NIPPO) нове целине која се означава као “Генетички Фактори” (GF) Цјелину “GF” чине 4 елемента који се мјере преко већ дефинисане тростепене скале модела (5,3,1) и који су распоређени у двије групе фактора: 1. Непосредни: Филогенија (фил.): 5- популација - припада посебној хаплогрупи - хаплотипу за више од 1 генетичког маркера; 3 - популација припада посебној хаплогрупи - хаплотипу за бар 1 генетички маркер, и 1-ништа од наведеног (припада раније дефинисаним хаплогрупама - хаплотипу). Генетички диверзитет ( $gd$ ) - нуклеотидна разноликост ( $\pi$ ): 5- нуклеотидна разноликост ( $\pi$ ) популације на више генетичких маркера; 3 - нуклеотидна разноликост смањена на макар једном генетичком маркеру; 1 -нема смањења генетичког диверзитета. (Поред ( $\pi$ ), израчуната је и генетичка дистанца ( $d$ ) која није квантификована али је коришћена у дискусији). 2. Посредни: Морфометрија (мм): 5-статистички значајне разлике у морфометрији у >70% карактера за блиске и/или удаљене популације (региона); 3 - статистички значајне разлике између популација у морфометрији у распону од 30-70%

карактера, 1 - статистички значајне разлике у морфометрији у < 30 % карактера. Укупна бројност популације (Nt): 5 - Nt<1000; 3-Nt 1000-3000; 1- Nt > 3000 јединки. Генетицки фактори (GF) се мјере преко нивоа генетичких специфичности (gs) који се добија као сума fil + gd + mm + N према следећој бодовној скали: gs <8- мале безначајне; gs 8-14 значајне и gs 15-20 веома значајне. Укупна вредност новог модела ES- HIPPO добија се додавањем укупног збира бодова GF збиру бодова ES и HIPPO , односно Приоритет Конзервације (PC) се добија по формули:

$$PC = \sum (ES + HIPPO + GF)$$

Границе нивоа ризика изумирања и приоритета конзервације (PC) новог модела су остале исте као у првој верзији и износе: мала < 60, умјерена 61-80, истакнуто-критичан ниво 81-100 и > 101 изумирање у току. Тачан ниво ризика изумирања и приоритет конзервације у новој варијанти модела добија се прво на нивоу популација које су квантификоване на основу нивоа генетичких специфичности и укупном вредношћу модела и те популације се означавају као примарне Елементарне јединице конзервације (ECUp ) и оне у моделу чине основни или примарни ниво.

Секундарни ниво ризика изумирања и приоритета конзервације (подврсте, врсте) тзв: секундарних Елементарних јединица конзервације (ECUsk) добија се као сума нивоа ризика примарних ECUp. Усвојено је да се критичним нивоом ризика изумирања и приоритет конзервације ECUsk , сматра онај при коме најмање 50% примарних ECUp има ниво ризика умјерен за једно демографско-географско подручје. У случају да се на истраживаном подручју среће само једна популација тада је ECUp = ECUsk .

---

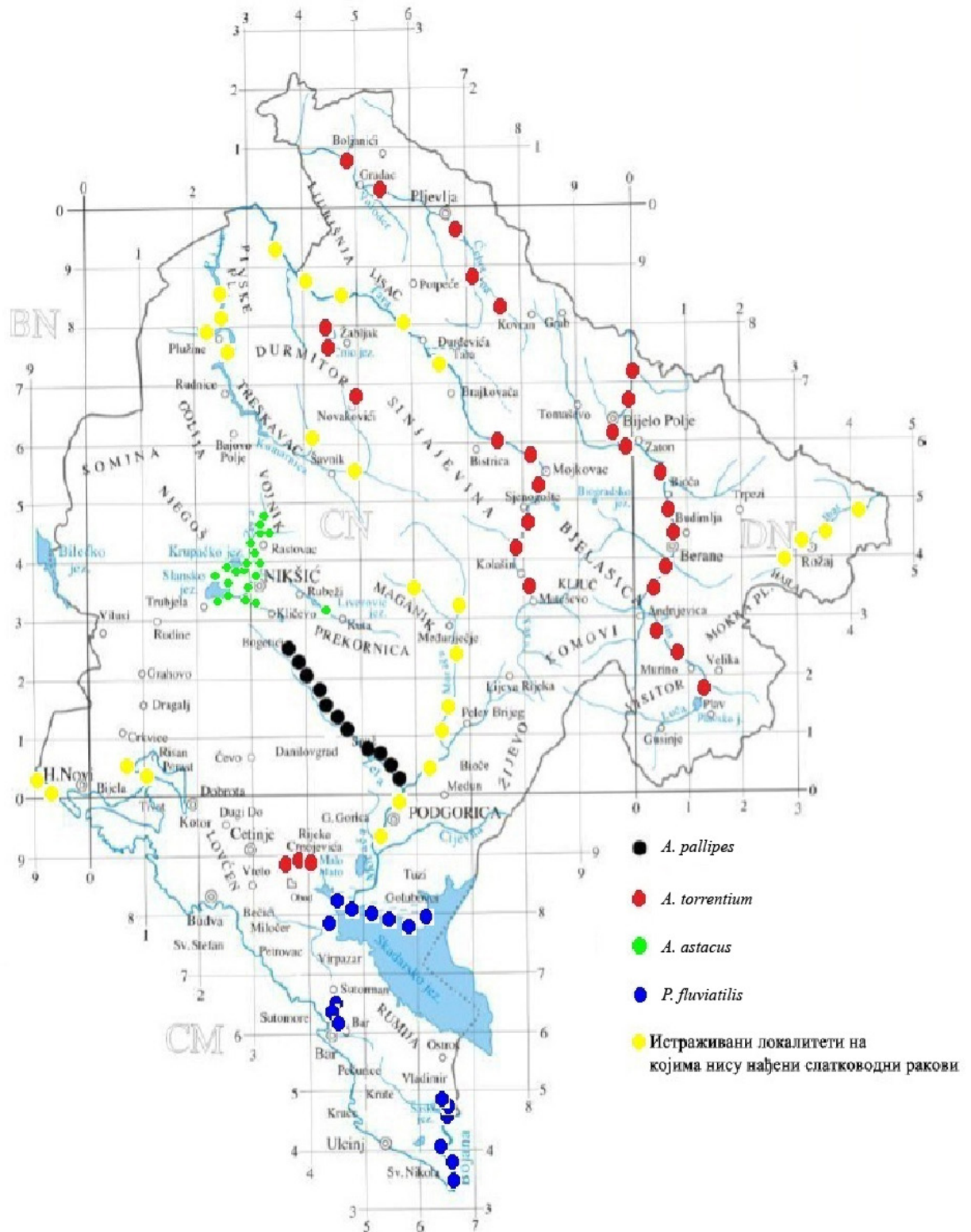
## 6. РЕЗУЛТАТИ РАДА

### 6.1. Распрострањеност Десародних ракова из породице

#### *Astacidae* и *Potamidae* у Црној Гори

На простору Црне Горе нађене су три врсте слатководних ракова из породице *Astacidae*: *Astacus astacus*, *A. pallipes* и *A. torrentium*, као и једна врста *P. fluviatilis* из породице *Potamidae*. Истраживања су обављена на ријекама Лим, доњи ток Таре, Тихотина, горњи и доњи ток ријеке Зете, Бојана, Жељезница, Рикавац, затим на језерима Плавско, Црно, Вражје, Скадарско, Шаско, као и акумулације Крупац, Слано и Ливеровићи. Истраживало се и на цијелом току ријеке Мораче и њених притока Сјевернице и Костанице, затим ријека Пива, Пивско језеро, горњи ток ријеке Таре итд али у тим екосистемима нису нађени ракови. Истраживање је обављено и у Капетановом језеру гдје је забиљежена врста *A. astacus* али је ту унешена од стране концесионара 2002. године као и у Црном језеру (слика 37).





Слика 37. Распрострањеност Десародних ракова из породице Astacidae и Potamidae у Црној Гори



## 6.2. Врста *Austropotamobius torrentium*

### 6.2.1. Физичко – хемијски параметри истраживаних вода

Резултати мјерених вриједности физичко – хемијских параметара приказани су у табели 8. Из анализе наведених мерених параметара, квалитет воде наведених екосистема је у опсегу I класе, са изузетком неких станица у Плаву и Бијелом Пољу гдје је квалитет воде II класе.

**Табела 8.** Средње вриједности параметара за физичко-хемијску анализу воде екосистема у којима је нађена врста *A. torrentium*

| Локалитети                                      | Лим    | Тара   | Ћехотина | Ријека<br>Црнојевића | Црно<br>језеро | Вражје<br>језеро |
|---|--------|--------|----------|----------------------|----------------|------------------|
| Над.висина (m)                                  | 845    | 723    | 770      | 40                   | 1.422          | 1.411            |
| Ширина корита (m)                               | 140    | 100    | 120      | 37                   | 810            | 250              |
| Дубина воде(m)                                  | 0,92   | 1,32   | 0,87     | 0,58                 | 0,8            | 0,4              |
| Шљунак (%)                                      | 50     | 70     | 80       | 70                   | 60             | 40               |
| Муљ (%)   | 30     | 10     |          | 10                   | 65             | 70               |
| Детритус (%)                                    | 20     | 20     | 20       | 20                   | 35             | 30               |
| Брзина m <sup>3</sup> /s                        | 42,4   | 41,8   | 12,7     | 6,6                  |                |                  |
| Веgetација (%)                                  | 80     | 70     | 30       | 40                   | 60             | 50               |
| Агрикултура (%)                                 | До 100 | До 100 | До 80    | Нема                 | Нема           | Нема             |
| Темп. воде °C                                   | 11,99  | 11,97  | 13,21    | 15,2                 | 11,52          | 15,00            |
| Засићени O <sub>2</sub> (%)                     | 108,47 | 102,75 | 118,27   | 120,01               | 105,25         | 101,41           |
| Тотални азот $\Sigma N$ Mg/l                    | 0,3    | 0,3    | 0,5      | 0,5                  | -              | -                |
| Тотални фосфор $\Sigma P$<br>Mg/l               | 0,05   | 0,05   | 0,05     | -                    | 0,2            | 0,04             |
| Електропроводљивост<br>[mS/cm]                  | 236,08 | 289,45 | 35871    | 382                  | -              | -                |
| Ph  | 8,66   | 8,15   | 8,4      | 7,9                  | 7,3            | 7,5              |
| Растворени O <sub>2</sub> (mg/dm <sup>3</sup> ) | 10,69  | 10,79  | 11,26    | 11,05                | 10,42          | 10,35            |
| Амонијак (mg/dm <sup>3</sup> )                  | 0      | 0      | 0        | 0                    | 0              | 0                |
| ВПК <sub>5</sub> (mg/dm <sup>3</sup> )          | 1,02   | 1,69   | 0,96     | 1,28                 | 1,61           | 1,07             |
| Тврдоћа воде °dH                                | 7,13   | 7,62   | 7,85     | 8,8                  | 5,6            | 6,2              |

У свим истраживаним екосистемима средња вриједност концентрација раствореног кисеоника била је изнад  $10 \text{ mg/dm}^3$ . Из резултата презентираних у (Табели 8), се види да воде ријеке Таре и њених притока имају релативно високе концентracије раствореног кисеоника на свим испитиваним мјестима. Просјечна вриједност овог параметра била је изнад  $10,00 \text{ mg/l}$ . Високи индекси засићености воде кисеоником ( $92,4-111,3\%$ ) указују да је ријеч о природним, незагађеним водама, што дјелимично потврђују и изразито ниске вриједности за утросак  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{BPK}_5$ . Средња вриједност  $\text{BPK}_5$  у испитиваним узорцима је испод  $2,00 \text{ mg/l O}_2$ . Вриједност укупног алкалинитета као функције садржаја првенствено карбоната, бикарбоната, хидроксида а и других хемијских врста које имају способност везивања водоникових јона, износила је од  $2,32$  до  $3,02 \text{ mval/l}$ . Концентracије карбоната кретале су се од  $7,20$  до  $9,60 \text{ mg/l}$ , а концентracија бикарбоната од  $126,88$  (Дрцка) до  $167,14 \text{ mg/l}$  (Веруша). Воде слива на свим испитиваним тачкама су биле слабо алкалног карактера са вриједностима рН од  $8,0$  до  $8,3$ . Међу доминантним ањонима осим бикарбоната и карбоната, регистровани су сулфати, хлориди и нитрати. Сулфати су надјени у границама од  $6,92$  до  $9,20 \text{ mg/l}$ , док је садржај хлорида био углавном између  $3,50$  и  $4,50 \text{ mg/l}$  без значајнијих варирања по испитиваним локалитетима. Најчешће концентracије нитрата (као азот) биле су од  $0,25$  до  $0,35 \text{ mg/l N}$ . Максимална концентracија од  $0,52 \text{ mg/l N}$  регистрована је у Тари после ушћа Руднице. Испитиване воде су калцијум-бикарбонатног типа што је у складу са геолошким саставом стијенских маса испитиваног слива у којем преовладавају стијене, углавном кречњачког типа. Тако је концентracија калцијума износила од  $41,20$  до  $60,00 \text{ mg/l}$ , а концентracија магнезијума од  $6,50$  до  $15,56 \text{ mg/l}$ . Тврдоћа воде кретала се од  $6,55$  до  $9,19 \text{ }^\circ\text{dH}$  па се може констатовати да испитиване воде припадају типу умјерено - меких вода. За ријеку Тихотину физичко-хемијски параметри показују да је квалитет воде у опсегу II класе, са изузетком наведених станица, Засићеност воде кисеоником била је прилично висока (средња вриједност  $118,27$ ), вриједности раствореног  $\text{O}_2$  ( $11,26$ ), као и ниска вриједност  $\text{BPK}_5$  (средња вриједност  $0,96$ ) указују на чисту воду. Ријека Црнојевића

имала је дубину воде по пола метра, приликом истраживања температура воде била је преко 15°C. Засићеност воде кисеоником висока а ВРК<sub>5</sub> ниска око 1,5. Вриједности амонијака биле су занемарљиве што можемо рећи да је ријеч о чистој води. Слично предходним и воде испитиваних језера (Црно и Вражје језеро) обиловале су релативно високим садржајем раствореног кисеоника са индексом засићености око 106,83 (Вражје) до 107,02 (Црно језеро). Повољне концентрације кисеоника указују на одсуство загађивања воде, прије свега супстанцама органског поријекла, што потврђују неке вриједности за ВРК<sub>5</sub> и утрошака КМпО<sub>4</sub>, као и одсуство слободног амонијака и нитрита. Испитиване воде припадају калцијум - бикарбонатном типу вода са садржајем калцијума до 41,95 mg/l (Црно језеро) и концентрацијом бикарбонатног јона од 106,83 (Вражје језеро). Умјерено су меке (6,24 - 7,26 °dH ) и са слабо базним карактером (pH=8,0 - 8,2) карактеристичним за природно пуферовани тип вода. Вриједности сувог остатка рађеног на 105° С у филтрираној води показује да се ради о водама веома ниског степена минерализације.

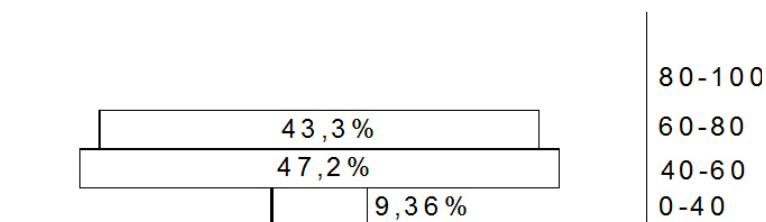
### 6.2.2. Узрасна и старосна структура

Из табеле 9. се види да је бројност на основу узорака из ријеке Лим, Таре приближно једнака. Анализа структуре по дужинским групама показује, без обзира којом су техником узорци сакупљани (врше, ручно) углавном одсуствују веће односно старије групе (Табела 9. Slika 38-42). Нису ловљени ракови већи од 80 мм, осим на једном локалитету на ријечи Тари чији је проценат био ( 2,3 %) у дужинској групи од 81-100 мм.

**Табела 9.** Заступљеност врсте *A. torrentium* у истраживаним локалитетима (број, заступљеност у %-има по дужини тијела, средња вриједност тежине тијела, одвојено по дужинским групама)

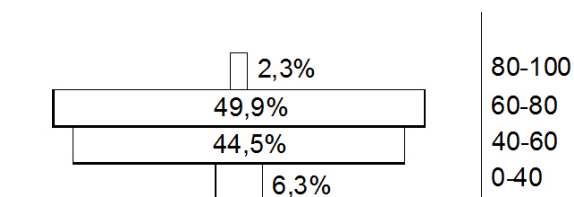
| Локалитети         |                               | Дужинске групе (mm) |       |       |        | Укупан број јединки |
|--------------------|-------------------------------|---------------------|-------|-------|--------|---------------------|
|                    |                               | 0-40                | 41-60 | 61-80 | 81-100 |                     |
| Лим<br>Плав        | N (број јединки)              | 5                   | 23    | 21    | -      | 49                  |
|                    | % заступљеност                | 10,2                | 46,9  | 42,8  | -      |                     |
|                    | Средња вриј,тежине тијела (g) | 1,84                | 6,23  | 12,8  | -      |                     |
| Лим<br>Брезојевице | N (број јединки)              | 7                   | 31    | 29    | -      | 67                  |
|                    | % заступљености               | 10,4                | 46,2  | 43,2  | -      |                     |
|                    | Средња вриј,тежине тијела (g) | 1,91                | 6,48  | 12,4  | -      |                     |
| Лим<br>Андријевица | N (број јединки)              | 5                   | 38    | 34    | -      | 77                  |
|                    | % заступљености               | 6,4                 | 49,3  | 44,1  | -      |                     |
|                    | Средња вриј,тежине тијела (g) | 1,88                | 6,12  | 13,2  | -      |                     |
| Лим<br>Беране      | N (број јединки)              | 6                   | 28    | 25    | -      | 59                  |
|                    | % заступљеност                | 10,1                | 47,4  | 42,3  | -      |                     |
|                    | Средња вриј,тежине тијела (g) | 2,1                 | 7,4   | 18,8  | -      |                     |
| Лим<br>Бијело поље | N (број јединки)              | 4                   | 19    | 18    | -      | 41                  |
|                    | % заступљеност                | 9,7                 | 46,3  | 43,9  | -      |                     |
|                    | Средња вриј,тежине тијела (g) | 1,95                | 7,3   | 14,6  | -      |                     |
| Тара<br>Мојковац 1 | N (број јединки)              | 3                   | 41    | 39    | 2      | 85                  |
|                    | % заступљености               | 3,5                 | 48,2  | 45,8  | 2,3    |                     |
|                    | Средња вриј,тежине тијела (g) | 2,2                 | 5,7   | 14,4  | 27,7   |                     |
| Тара<br>Мојковац 2 | N (број јединки)              | -                   | 24    | 35    | -      | 59                  |
|                    | % заступљености               | -                   | 40,6  | 59,3  | -      |                     |
|                    | Средња вриј,тежине тијела (g) | -                   | 6,1   | 12,1  | -      |                     |

|                      |                                  |     |      |      |   |    |
|----------------------|----------------------------------|-----|------|------|---|----|
| Тара<br>Колашин      | N (број јединки)                 | 7   | 36   | 48   | - | 91 |
|                      | % заступљености                  | 7,6 | 39,5 | 52,7 | - |    |
|                      | Средња вриј,тежине<br>тијела(g)  | 1,8 | 6,1  | 13,9 | - |    |
| Тара<br>Колашин      | N (број јединки)                 | 3   | 19   | 16   | - | 38 |
|                      | % заступљеност                   | 7,8 | 50   | 42,1 | - |    |
|                      | Средња вриј,тежине<br>тијела (g) | 1,9 | 6,7  | 19,3 | - |    |
| Ћехотина             | N (број јединки)                 | -   | 1    | -    | - | 1  |
|                      | % заступљеност                   | -   | 100  | -    | - |    |
|                      | Средња вриј,тежине<br>тијела (g) | -   | 7,2  | -    | - |    |
| Црно језеро          | N (број јединки)                 | -   | 2    | 4    | - | 6  |
|                      | % заступљеност                   | -   | 33,3 | 66,6 | - |    |
|                      | Средња вриј,тежине<br>тијела (g) | -   | 8,5  | 11,7 | - |    |
| Вражје<br>језеро     | N (број јединки)                 |     | 4    | 6    | - | 11 |
|                      | % заступљеност                   |     | 34,8 | 60,5 | - |    |
|                      | Средња вриј,тежине<br>тијела (g) |     | 6,6  | 13,3 |   |    |
| Ријека<br>Црнојевића | N (број јединки)                 | 2   | 36   | 11   | - | 49 |
|                      | % заступљеност                   | 4,1 | 73,5 | 22,4 | - |    |
|                      | Средња вриј,тежине<br>тијела (g) | 3,7 | 6,7  | 11,6 | - |    |



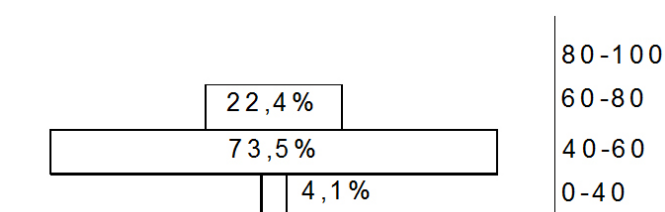
Слика 38. Заступљеност врсте *A. torrentium* по појединој дужинској групи у ријеци Лим

У ријеци Лим најзаступљенија је била дужинска група од 40-60 mm (47,2%). Дужинска група од 60-80 mm била је заступљена са око 43 %, већих ракова изнад 80 mm није било у узорку.



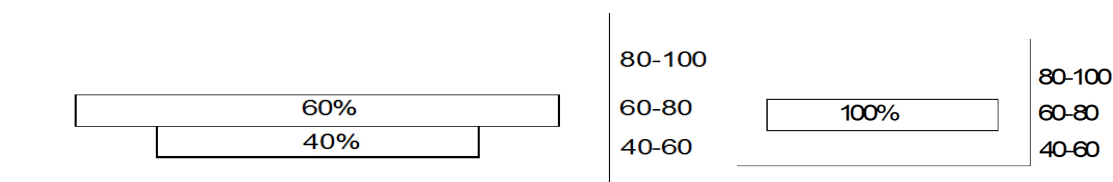
**Слика 39.** Заступљеност врсте *A. torrentium* по појединој дужинској групи у ријечи Лим

У ријечи Тари најзаступљенија је била дужинска група од 60-80 mm са око 50% док је мали број ракова надјен и већи од 80 mm дужине свега 2,3 %.

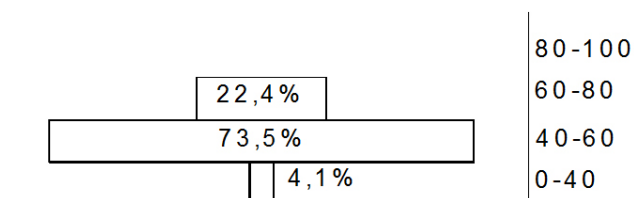


**Слика 40.** Заступљеност врсте *A. torrentium* по појединој дужинској групи у Ријечи Црнојевића

На слици 40. видимо да је заступљеност ракова највећа у дужинској групи од 40-60 mm 73,5 %, већих од 80 mm такође није било, а најмања дужинска група до 40 mm била је заступљена са свега 4,1 %.



**Слика 41.** Заступљеност врсте *A. torrentium* по појединој дужинској групи у Црном језеру (лијево) и ријечи Тихотини (десно)



**Слика 42.** Заступљеност врсте *A. torrentium* по појединој дужинској групи у Вражјем језеру



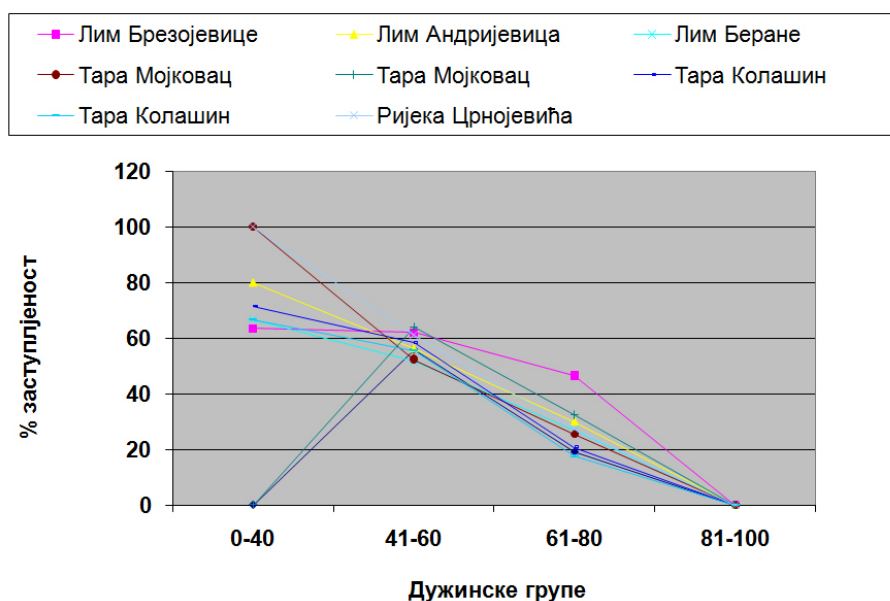
### 6.2.3. Полна структура врсте *Austropotamobius torrentium*

Полна структура показује врло интересантну дистрибуцију по групама. Из података (Табела 10), се види да су женке углавном на свим испитиваним локалитетима знатно бројније у мањим, односно млађим, групама и да им бројност опада са старашћу (Слика 43).

**Табела 10.** Процентуална заступљеност ријечног рака по полу врсте *A. torrentium*

| Локалитет            | Pol | 0-40  | 41-60 | 61-80 | 81-100 | Укупно % |
|----------------------|-----|-------|-------|-------|--------|----------|
| Лим - Плав           | ♀   | ..... | 56    | 19,1  | -      | 41,5     |
|                      | ♂   | ..... | 44    | 80,9  | -      | 58,5     |
| Лим -<br>Брезојевице | ♀   | 63,5  | 62,1  | 46,6  | -      | 55,1     |
|                      | ♂   | 37,5  | 37,9  | 53,3  | -      | 45,1     |
| Лим -<br>Андријевица | ♀   | 80    | 56,4  | 30    | -      | 47,7     |
|                      | ♂   | 20    | 44,6  | 70    | -      | 53,2     |
| Лим -Беране          | ♀   | 66,6  | 51,7  | 26,9  | -      | 41,9     |
|                      | ♂   | 33,3  | 48,3  | 73,1  | 100    | 58,1     |
| Лим -Бијело<br>поље  | ♀   | -     | 73,1  | 25    | -      | 66,6     |
|                      | ♂   | 100   | 26,8  | 75    | -      | 33,3     |
| Тара – Мојковац      | ♀   | 100   | 52,4  | 25,6  | -      | 41,4     |
|                      | ♂   | -     | 45,6  | 74,4  | 100    | 58,6     |
| Тара – Мојковац      | ♀   | -     | 64    | 32,4  | -      | 45,8     |
|                      | ♂   | -     | 36    | 67,6  | -      | 54,2     |
| Тара - Колашин       | ♀   | 71,4  | 58,3  | 20,8  | -      | 39,1     |
|                      | ♂   | 28,6  | 41,6  | 79,2  | 100    | 60,9     |
| Тара - Колашин       | ♀   | 66,6  | 55,5  | 17,6  | -      | 39,5     |
|                      | ♂   | 33,3  | 44,5  | 82,4  | -      | 60,5     |
| Ћехотина             | ♀   | -     | -     | -     | -      | -        |
|                      | ♂   | -     | -     | 100   | -      | 100      |
| Црно језеро          | ♀   | -     | -     | 25    | -      | 50       |
|                      | ♂   | -     | 100   | 75    | -      | 50       |
| Вражје језеро        | ♀   | -     | 75    | 16,6  | -      | 40       |
|                      | ♂   | -     | 25    | 83,4  | -      | 60       |

На слици 43. видимо да проценат женки у дужинској групи до 40 mm иде и до 100%, док у дужинској групи 61 - 80 mm њихово процентуално учешће се креће од 20 – 50%. Мањи број женки у већим узрастним групама указује на смањену репродуктивну моћ популације.



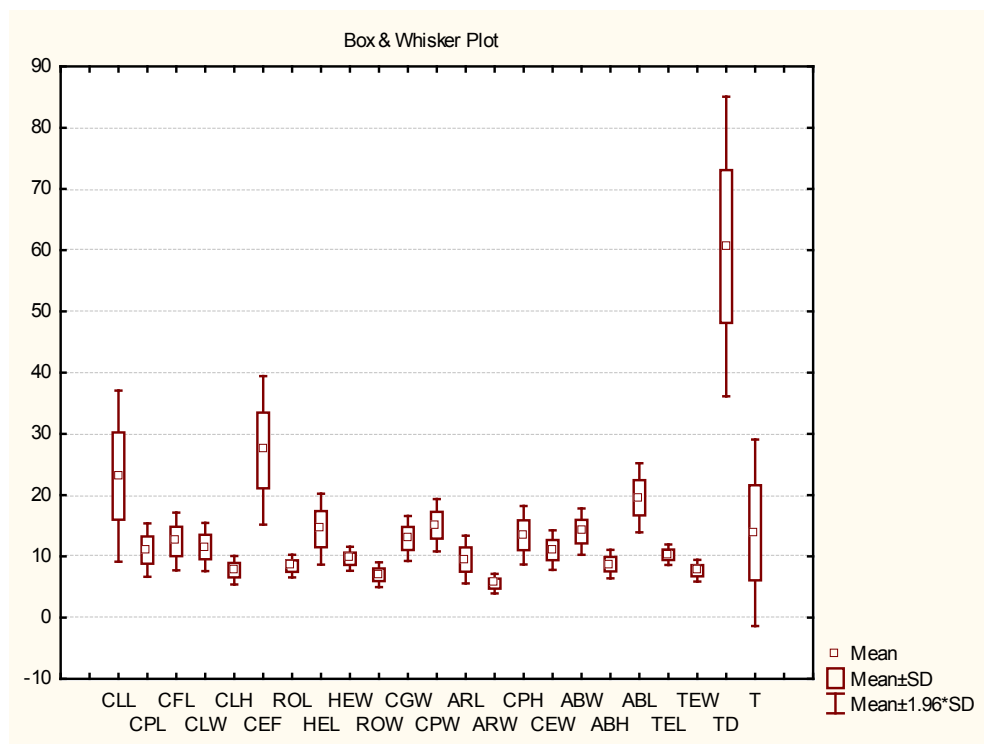
Слика 43. Процентуална заступљеност женки по појединој дужинској групи ријечног рака *A. torrentium*

#### 6.2.4. Морфометрија *Austropotamobius torrentium*

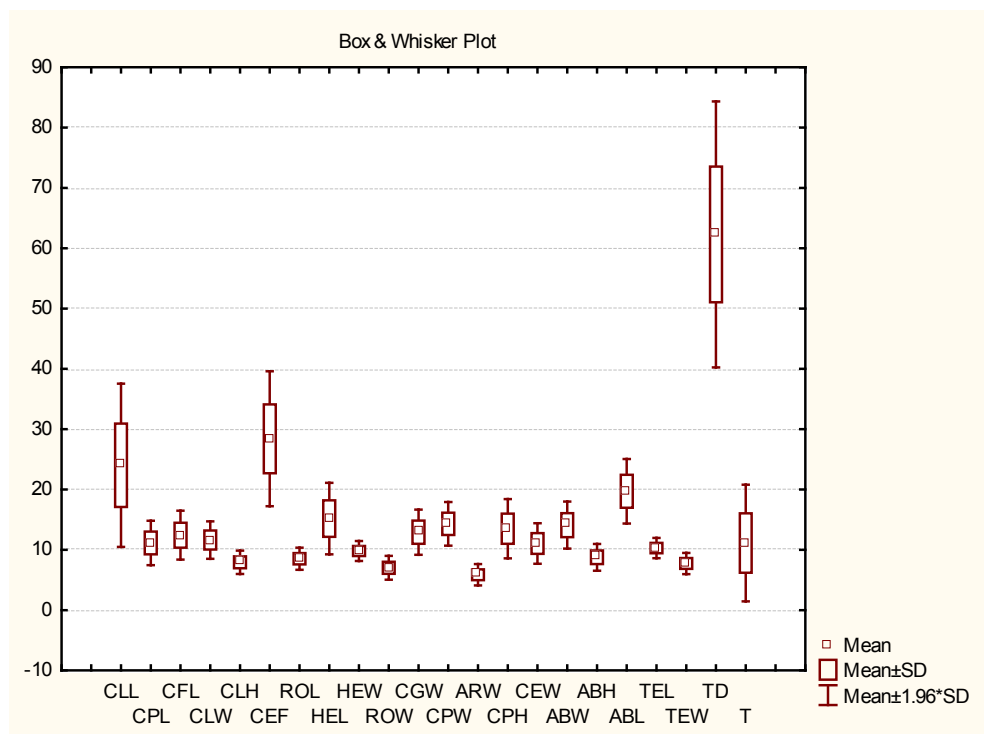
Средња вриједност, стандардне девијације, распон мјерених морфометријских обиљежја као и коефицијент варијације приказани су у табели 11. Најтежи мужјак износио је 42 г, а женка 38г, док је најдужи мужјак у узорку 80,31 mm, а најдужа женка 73,59 mm. Већина анализираних карактера су умјерено варијабилни (C.V. 20 % – 30 %, Табела 11), једино морфометријско обољежје T код мужјака и женки показује високу варијабилност (C.V. >30%) , Доста морфометријских обољежја спада у ниско варијабилне карактере (C.V.10% – 20%, Таб. 11), и то: (CLL, CLH, CEF, HEL, HEW, ROW, CGW, CPW, ARW, TEL, TEW, TD). Према анализи морфометријских обиљежја дефинисани су стабилни карактери. Код мужјака стабилни карактер (чији је коефицијент варијације C.V. <10%) показала су морфометријска обиљежја (ROL, HEW, TEL), (10,93%, 8,59%, 8,34%). Док код женки (чији је коефицијент варијације C.V. <10 %) једини стабилни карактер показало је морфометријско обољежје TEL ( 8,30%) (Табела 11). У ниско варијабилне карактере (C.V.10% – 20%,) спада већина обиљежја. У умјерено варијабилне карактере (C.V. 20% – 30%) спадају: CLL, и T код мужјака, а код женки (CLL, CEF, TD, T) (Табела 11. Слика 44,45).

Табела 11. Дескриптивна статистика - средње вриједности, стандардне девијације и распони мјерених морфометриских обилежја код мужјака и женки врсте *A. torrentium*

|     | Мужјаци |          |          |          |          |           | Женке |          |          |          |          |           |
|-----|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|-----------|
|     | N       | Mean     | Min      | Max      | Std.Dev. | Coef.Var. | N     | Mean     | Min      | Max      | Std.Dev. | Coef.Var. |
| CLL | 349     | 24,01436 | 10,03000 | 38,56000 | 6,90671  | 28,76076  | 285   | 22,46625 | 10,26000 | 38,45000 | 6,69946  | 29,82011  |
| CPL | 349     | 11,14287 | 7,90000  | 19,90000 | 1,87728  | 16,84738  | 285   | 11,16558 | 4,23000  | 16,12000 | 2,15172  | 19,27100  |
| CFL | 348     | 12,42713 | 9,11000  | 19,50000 | 2,06562  | 16,62189  | 285   | 12,75698 | 8,56000  | 21,79000 | 2,09775  | 16,44397  |
| CLW | 349     | 11,61948 | 7,32000  | 15,99000 | 1,58055  | 13,60261  | 284   | 11,72338 | 6,33000  | 16,96000 | 1,75746  | 14,99105  |
| CLH | 349     | 7,93931  | 5,13000  | 9,97000  | 0,98751  | 12,43822  | 285   | 7,69477  | 3,75000  | 9,94000  | 0,91912  | 11,94474  |
| CEF | 353     | 28,41476 | 18,21000 | 39,99000 | 5,70739  | 20,08600  | 286   | 25,98780 | 13,54000 | 39,88000 | 6,49033  | 24,97453  |
| ROL | 353     | 8,52246  | 5,40000  | 10,87000 | 0,93199  | 10,93567  | 286   | 8,35003  | 3,47000  | 10,17000 | 0,96704  | 11,58128  |
| HEL | 353     | 15,18006 | 9,00000  | 22,98000 | 3,01862  | 19,88543  | 286   | 13,62126 | 8,05000  | 21,30000 | 2,62435  | 19,26659  |
| HEW | 353     | 9,80609  | 7,54000  | 12,81000 | 0,84281  | 8,59475   | 286   | 9,43371  | 7,13000  | 13,29000 | 1,13606  | 12,04255  |
| ROW | 353     | 7,02133  | 5,00000  | 10,10000 | 1,00322  | 14,28818  | 286   | 7,03745  | 4,14000  | 9,87000  | 1,06819  | 15,17864  |
| CGW | 353     | 12,92252 | 9,55000  | 19,13000 | 1,91331  | 14,80597  | 286   | 12,99203 | 9,89000  | 19,37000 | 1,83542  | 14,12727  |
| CPW | 353     | 14,30742 | 10,65000 | 21,49000 | 1,84041  | 12,86331  | 286   | 14,65902 | 10,21000 | 20,99000 | 2,09585  | 14,29733  |
| ARW | 353     | 5,86722  | 3,21000  | 9,28000  | 0,90682  | 15,45575  | 289   | 5,90038  | 3,21000  | 9,28000  | 0,92457  | 15,66971  |
| CPH | 353     | 13,50414 | 10,14000 | 22,52000 | 2,50399  | 18,54236  | 289   | 13,44830 | 10,14000 | 20,51000 | 2,34070  | 17,40516  |
| CEW | 353     | 11,05371 | 0,00000  | 15,99000 | 1,71818  | 15,54394  | 289   | 11,05945 | 0,00000  | 15,90000 | 1,55284  | 14,04083  |
| ABW | 353     | 14,09518 | 10,15000 | 22,28000 | 1,98819  | 14,10546  | 289   | 14,02702 | 10,15000 | 18,94000 | 1,84642  | 13,16330  |
| ABH | 353     | 8,75861  | 6,41000  | 12,74000 | 1,13207  | 12,92527  | 289   | 8,75990  | 6,15000  | 12,74000 | 1,24849  | 14,25239  |
| ABL | 353     | 19,70295 | 12,44000 | 30,28000 | 2,72625  | 13,83678  | 289   | 19,47734 | 12,05000 | 30,28000 | 3,06077  | 15,71453  |
| TEL | 353     | 10,29343 | 8,14000  | 12,77000 | 0,85872  | 8,34237   | 289   | 10,30038 | 8,14000  | 12,77000 | 0,85551  | 8,30563   |
| TEW | 353     | 7,73346  | 6,00000  | 10,84000 | 0,89509  | 11,57425  | 289   | 7,63623  | 6,00000  | 10,31000 | 0,91453  | 11,97623  |
| TD, | 353     | 62,30453 | 29,90000 | 85,40000 | 11,25016 | 18,05673  | 286   | 58,66993 | 28,50000 | 99,50000 | 13,14849 | 22,41094  |
| T   | 353     | 11,12890 | 1,20000  | 28,30000 | 4,93191  | 44,31629  | 286   | 12,05245 | 1,80000  | 48,60000 | 9,05640  | 75,14156  |



Слика 44. Варијабилност анализираних морфометриских обиљежја код женки врсте *A. torrentium*



Слика 44. Варијабилност анализираних морфометриских обиљежја код мужјака врсте *A. torrentium*

Резултати Т-теста за 23 мјерена морфометриска обиљежја показали су да се мужјаци и женке врсте *A. torrentium* у ријеци Лим статистички значајно разликују. (Табела 12).

**Табела 12.** Вриједности Т-тест за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте *A. torrentium* у ријеци Лим ( звјездицом су означена обиљежја по којим се мужјаци и женке статистички значајно разликују)

|            | Mean - m | Mean - f | t-value | df  | p       |
|------------|----------|----------|---------|-----|---------|
| <b>CLL</b> | 1,1140   | 1,1193   | -0,143  | 287 | 0,8861  |
| <b>CPL</b> | 2,2316   | 2,2669   | -0,570  | 287 | 0,5689  |
| <b>CFL</b> | 2,0062   | 1,8645   | 2,981   | 287 | 0,0031* |
| <b>CLW</b> | 2,1380   | 2,0305   | 2,406   | 287 | 0,0167* |
| <b>CLH</b> | 3,1376   | 3,0989   | 0,584   | 287 | 0,5594  |
| <b>CEF</b> | 0,8821   | 0,9335   | -2,605  | 289 | 0,0096* |
| <b>ROL</b> | 2,9437   | 2,8216   | 1,702   | 289 | 0,0897  |
| <b>HEL</b> | 1,6240   | 1,7011   | -4,592  | 289 | 0,0000* |
| <b>HEW</b> | 2,5503   | 2,4752   | 1,494   | 289 | 0,1361  |
| <b>ROW</b> | 3,5487   | 3,5069   | 0,459   | 289 | 0,6463  |
| <b>CGW</b> | 1,8874   | 1,7496   | 3,808   | 289 | 0,0001* |
| <b>CPW</b> | 1,6677   | 1,5238   | 6,379   | 289 | 0,0000* |
| <b>ARL</b> | 2,6997   | 2,4774   | 5,285   | 289 | 0,0000* |
| <b>ARW</b> | 4,5298   | 4,1153   | 3,733   | 289 | 0,0002* |
| <b>CPH</b> | 1,8934   | 1,7784   | 2,278   | 289 | 0,0234* |
| <b>CEW</b> | 2,2845   | 2,1473   | 2,407   | 288 | 0,0166* |
| <b>ABW</b> | 1,7796   | 1,6618   | 2,736   | 289 | 0,0065* |
| <b>ABH</b> | 2,8283   | 2,7042   | 1,82    | 289 | 0,0690  |
| <b>ABL</b> | 1,2730   | 1,2240   | 1,45    | 289 | 0,1480  |
| <b>TEL</b> | 2,4038   | 2,2557   | 2,957   | 289 | 0,0033* |
| <b>TEW</b> | 3,2375   | 3,0966   | 1,847   | 289 | 0,0656  |
| <b>TD</b>  | 0,4019   | 0,4195   | -1,658  | 289 | 0,0982  |
| <b>T</b>   | 2,9537   | 3,2998   | -1,261  | 289 | 0,2083  |

У ријечи Тари Т – тест показује да се статистички мужјаци и женке разликују у 18 мјерених морфометриских обиљежја (Табела 13).

**Табела 13.** Вриједности Т-тест за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте *A. torrentium* у ријечи Тари ( звјездицом су означена обиљежја по којим се мужјаци и женке статистички значајно разликују)

|            | Mean - m | Mean - f | t-value | df  | P       |
|------------|----------|----------|---------|-----|---------|
| <b>CLL</b> | 1,0634   | 1,0235   | 1,268   | 270 | 0,2058  |
| <b>CPL</b> | 2,3014   | 1,9364   | 7,449   | 270 | 0,0000* |
| <b>CFL</b> | 2,1076   | 1,7537   | 6,915   | 270 | 0,0000* |
| <b>CLW</b> | 2,2364   | 1,8969   | 7,472   | 269 | 0,0000* |
| <b>CLH</b> | 3,1715   | 2,8818   | 4,483   | 270 | 0,0000* |
| <b>CEF</b> | 0,8889   | 0,8849   | 0,200   | 271 | 0,8412  |
| <b>ROL</b> | 2,9784   | 2,7119   | 4,390   | 271 | 0,0000* |
| <b>HEL</b> | 1,6946   | 1,6859   | 0,379   | 271 | 0,7046  |
| <b>HEW</b> | 2,5659   | 2,3964   | 3,396   | 271 | 0,0007* |
| <b>ROW</b> | 3,6568   | 3,0875   | 7,177   | 271 | 0,0000* |
| <b>CGW</b> | 2,0109   | 1,7682   | 6,887   | 271 | 0,0000* |
| <b>CPW</b> | 1,6154   | 1,5567   | 2,452   | 271 | 0,0148* |
| <b>ARL</b> | 2,5768   | 2,5126   | 1,20    | 271 | 0,2299  |
| <b>ARW</b> | 4,5891   | 4,2397   | 3,045   | 271 | 0,0025* |
| <b>CPH</b> | 1,9047   | 1,7203   | 4,074   | 271 | 0,0000* |
| <b>CEW</b> | 2,2753   | 2,0477   | 4,542   | 269 | 0,0000* |
| <b>ABW</b> | 1,8101   | 1,6400   | 4,012   | 271 | 0,0000* |
| <b>ABH</b> | 2,9307   | 2,6066   | 4,769   | 271 | 0,0000* |
| <b>ABL</b> | 1,3049   | 1,1724   | 4,206   | 271 | 0,0000* |
| <b>TEL</b> | 2,4726   | 2,2043   | 5,049   | 271 | 0,0000* |
| <b>TEW</b> | 3,2872   | 2,9868   | 4,009   | 271 | 0,0000* |
| <b>TD</b>  | 0,4024   | 0,3959   | 0,604   | 271 | 0,5462  |
| <b>T</b>   | 2,3486   | 2,7520   | -2,21   | 271 | 0,0277* |



У табели 14. приказане су вриједности Т-теста за 23. морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте *A. torrentium* у Ријечи Црнојевића. Према анализираним вриједностима, постоји статистички значајна разлика за 12 од 23 праћена параметра. (Табела14).

**Табела 14.** Вриједности Т-тест за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте *A. torrentium* у Ријечи Црнојевића (звјездицом су означена обиљежја по којим се мужјаци и женке статистички значајно разликују)

|            | Mean - m | Mean - f | t-value   | df | p         |
|------------|----------|----------|-----------|----|-----------|
| <b>CLL</b> | 1,332519 | 1,166602 | 2,039349  | 47 | 0,047060* |
| <b>CPL</b> | 2,461113 | 2,227445 | 2,056455  | 47 | 0,045314* |
| <b>CFL</b> | 2,039048 | 1,956096 | 0,945261  | 47 | 0,349360  |
| <b>CLW</b> | 2,217068 | 2,045345 | 1,756229  | 47 | 0,085564  |
| <b>CLH</b> | 3,388799 | 3,098510 | 1,855769  | 47 | 0,069763  |
| <b>CEF</b> | 0,941715 | 0,920604 | 0,691080  | 47 | 0,492915  |
| <b>ROL</b> | 3,048338 | 2,725601 | 2,272621  | 47 | 0,027665* |
| <b>HEL</b> | 1,667074 | 1,642494 | 0,617548  | 47 | 0,539854  |
| <b>HEW</b> | 2,636309 | 2,444568 | 1,912925  | 47 | 0,061861  |
| <b>ROW</b> | 3,641403 | 3,394925 | 1,325870  | 47 | 0,191291  |
| <b>CGW</b> | 2,043619 | 1,863355 | 2,025320  | 47 | 0,048534* |
| <b>CPW</b> | 1,644362 | 1,606655 | 0,816495  | 47 | 0,418337  |
| <b>ARL</b> | 2,555699 | 2,630506 | -0,758724 | 47 | 0,451806  |
| <b>ARW</b> | 4,722748 | 4,217933 | 2,392893  | 47 | 0,020764* |
| <b>CPH</b> | 1,944220 | 1,708345 | 2,175995  | 47 | 0,034616* |
| <b>CEW</b> | 2,373002 | 2,003880 | 3,460649  | 47 | 0,001157* |
| <b>ABW</b> | 1,900559 | 1,665671 | 2,676127  | 47 | 0,010220* |
| <b>ABH</b> | 3,039768 | 2,631703 | 2,408983  | 47 | 0,019969* |
| <b>ABL</b> | 1,329103 | 1,181340 | 2,518874  | 47 | 0,015234* |
| <b>TEL</b> | 2,554379 | 2,264481 | 2,491955  | 47 | 0,016289* |
| <b>TEW</b> | 3,356832 | 2,993373 | 2,173773  | 47 | 0,034793* |
| <b>TD</b>  | 0,424476 | 0,404956 | 0,953420  | 47 | 0,345255  |
| <b>T</b>   | 2,566274 | 2,355029 | 0,610169  | 47 | 0,544689  |

У Вражјем језеру статистички значајне разлике приказане Т-тестом јављају се само у три мјерена морфометриска обиљежја.(Табела 15).

**Табела 15.** Вриједности Т-тест за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте *A. torrentium* у Вражјем језеру (звјездицом су означена обиљежја по којима се мужјаци и женке статистички значајно разликују)

|            | Mean - m | Mean - F | t-value | df | p      |
|------------|----------|----------|---------|----|--------|
| <b>CLL</b> | 1,4217   | 0,9487   | 1,771   | 8  | 0,114  |
| <b>CPL</b> | 2,2273   | 1,6722   | 2,728   | 8  | 0,025* |
| <b>CFL</b> | 1,8726   | 1,6542   | 1,203   | 8  | 0,263  |
| <b>CLW</b> | 1,9928   | 1,7193   | 2,240   | 8  | 0,055  |
| <b>CLH</b> | 3,0008   | 2,7732   | 0,501   | 8  | 0,629  |
| <b>CEF</b> | 0,9446   | 0,8806   | 0,685   | 8  | 0,512  |
| <b>ROL</b> | 3,0831   | 2,4120   | 2,399   | 8  | 0,043* |
| <b>HEL</b> | 1,9861   | 1,5897   | 1,964   | 8  | 0,085  |
| <b>HEW</b> | 2,3759   | 2,3057   | 0,303   | 8  | 0,769  |
| <b>ROW</b> | 3,3770   | 3,0643   | 0,670   | 8  | 0,521  |
| <b>CGW</b> | 1,7179   | 1,9053   | -0,918  | 8  | 0,384  |
| <b>CPW</b> | 1,3677   | 1,6121   | -2,195  | 8  | 0,059  |
| <b>ARL</b> | 2,1194   | 2,7781   | -2,543  | 8  | 0,034* |
| <b>ARW</b> | 4,0558   | 3,8868   | 0,404   | 8  | 0,696  |
| <b>CPH</b> | 1,6334   | 1,4024   | 0,939   | 8  | 0,375  |
| <b>CEW</b> | 1,9798   | 1,8648   | 0,534   | 8  | 0,607  |
| <b>ABW</b> | 1,6590   | 1,4746   | 0,717   | 8  | 0,493  |
| <b>ABH</b> | 2,7058   | 2,3935   | 1,200   | 8  | 0,264  |
| <b>ABL</b> | 1,2422   | 1,0345   | 1,628   | 8  | 0,14   |
| <b>TEL</b> | 2,2008   | 1,9748   | 0,991   | 8  | 0,35   |
| <b>TEW</b> | 2,9269   | 2,3932   | 1,304   | 8  | 0,22   |
| <b>TD</b>  | 0,4510   | 0,3587   | 1,686   | 8  | 0,13   |
| <b>T</b>   | 4,0359   | 1,0078   | 1,587   | 8  | 0,15   |

Због малог броја података за женке и мужјаке на локалитетима Црно језеро и ријека Ћехотина радили смо Mann-Whitey U тест, који је показао да се јединке на локалитету Црно језеро статистички значајно разликују у односу на само једно морфометриско обиљежје. (ROW). (Табела 16). Код јединки из ријеке Ћехотине није приказана статистички значајна разлика између мужјака и женки у погледу анализираних морфометриских параметара (Табела 17).

**Табела 16.** Вриједности Mann-Whitey U теста за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте *A. torrentium* у Црном језеру (звјездицом су означено обиљежје по којем се мужјаци и женке статистички значајно разликују)

|     | U        | Z        | p-level   |
|-----|----------|----------|-----------|
| CLL | 6,00000  | 1,22474  | 0,220672  |
| CPL | 8,00000  | -0,81650 | 0,414217  |
| CFL | 10,00000 | 0,40825  | 0,683092  |
| CLW | 4,00000  | -1,63299 | 0,102471  |
| CLH | 7,00000  | -1,02062 | 0,307435  |
| CEF | 6,00000  | 1,22474  | 0,220672  |
| ROL | 3,00000  | -1,83712 | 0,066193  |
| HEL | 6,00000  | -1,22474 | 0,220672  |
| HEW | 11,00000 | 0,20412  | 0,838257  |
| ROW | 1,00000  | -2,24537 | 0,024745* |
| CGW | 6,00000  | 1,22474  | 0,220672  |
| CPW | 10,00000 | -0,40825 | 0,683092  |
| ARL | 6,00000  | 1,22474  | 0,220672  |
| ARW | 4,00000  | -1,63299 | 0,102471  |
| CPH | 5,00000  | -1,42887 | 0,153043  |
| CEW | 4,00000  | -1,63299 | 0,102471  |
| ABW | 11,00000 | -0,20412 | 0,838257  |
| ABH | 11,00000 | -0,20412 | 0,838257  |
| ABL | 7,00000  | -1,02062 | 0,307435  |
| TEL | 5,00000  | -1,42887 | 0,153043  |
| TEW | 8,00000  | -0,81650 | 0,414217  |
| TD  | 6,00000  | -1,22474 | 0,220672  |
| T   | 12,00000 | 0,00000  | 1,000000  |

**Табела 17.** Вриједности Mann-Whitey U теста за 23 морфометриска обиљежја мјерених код мужјака и женки врсте *A. torrentium* у ријечи Техотини

|            | <b>U</b> | <b>Z</b>  | <b>p-level</b> |
|------------|----------|-----------|----------------|
| <b>CLL</b> | 4,00000  | -0,218218 | 0,827259       |
| <b>CPL</b> | 4,00000  | -0,218218 | 0,827259       |
| <b>CFL</b> | 1,00000  | 0,774597  | 0,438579       |
| <b>CLW</b> | 3,00000  | 0,654654  | 0,512691       |
| <b>CLH</b> | 4,00000  | 0,218218  | 0,827259       |
| <b>CEF</b> | 8,00000  | 0,489898  | 0,624206       |
| <b>ROL</b> | 9,00000  | 0,244949  | 0,806496       |
| <b>HEL</b> | 10,00000 | 0,000000  | 1,000000       |
| <b>HEW</b> | 8,00000  | 0,489898  | 0,624206       |
| <b>ROW</b> | 7,00000  | 0,734847  | 0,462433       |
| <b>CGW</b> | 9,00000  | 0,244949  | 0,806496       |
| <b>CPW</b> | 10,00000 | 0,000000  | 1,000000       |
| <b>ARL</b> | 10,00000 | 0,000000  | 1,000000       |
| <b>ARW</b> | 10,00000 | 0,000000  | 1,000000       |
| <b>CPH</b> | 9,00000  | 0,244949  | 0,806496       |
| <b>CEW</b> | 10,00000 | 0,000000  | 1,000000       |
| <b>ABW</b> | 10,00000 | 0,000000  | 1,000000       |
| <b>ABH</b> | 9,50000  | 0,122474  | 0,902523       |
| <b>ABL</b> | 9,00000  | -0,244949 | 0,806496       |
| <b>TEL</b> | 8,00000  | 0,489898  | 0,624206       |
| <b>TEW</b> | 10,00000 | 0,000000  | 1,000000       |
| <b>TD</b>  | 7,00000  | 0,734847  | 0,462433       |
| <b>T</b>   | 8,00000  | 0,489898  | 0,624206       |

Анализа варијансе (ANOVA) показала је да се женке за све проучаване популације, статистички значајно разликују по морфометриским обиљежјима мјереним на клијештима, затим ROW, ART и T. Резултати ове анализе приказани су у табели 18. Као post-hoc урађен је LCD тест како би се анализирао разлика између популација, (прилог 1).

**Табела 18.** Приказ резултата анализе варијансе (ANOVA) за женке врсте *A. torrentium* за свих шест популација. (звјездицом су означена обиљежја по којима се женке из различитих популација статистички значајно разликују)

|            | <b>df</b><br><b>Effect</b> | <b>Df</b><br><b>Error</b> | <b>F</b> | <b>P</b>  |
|------------|----------------------------|---------------------------|----------|-----------|
| <b>CLL</b> | 5                          | 286                       | 2F838640 | 0,016096* |
| <b>CPL</b> | 5                          | 286                       | 6,298877 | 0,000015* |
| <b>CFL</b> | 5                          | 285                       | 2,297593 | 0,045367* |
| <b>CLW</b> | 5                          | 285                       | 2,287698 | 0,046217* |
| <b>CLH</b> | 5                          | 286                       | 2,504887 | 0,030634* |
| <b>CEF</b> | 5                          | 289                       | 1,844779 | 0,104117  |
| <b>ROL</b> | 5                          | 289                       | 0,925948 | 0,464409  |
| <b>HEL</b> | 5                          | 289                       | 1,862314 | 0,100899  |
| <b>HEW</b> | 5                          | 289                       | 0,957853 | 0,444005  |
| <b>ROW</b> | 5                          | 289                       | 4,527562 | 0,000545* |
| <b>CGW</b> | 5                          | 289                       | 1,582385 | 0,164935  |
| <b>CPW</b> | 5                          | 289                       | 2,119574 | 0,063156  |
| <b>ARL</b> | 5                          | 289                       | 2,266676 | 0,048033* |
| <b>ARW</b> | 5                          | 289                       | 0,557605 | 0,732472  |
| <b>CPH</b> | 5                          | 289                       | 1,259442 | 0,281572  |
| <b>CEW</b> | 5                          | 288                       | 1,367328 | 0,236590  |
| <b>ABW</b> | 5                          | 289                       | 0,465654 | 0,801712  |
| <b>ABH</b> | 5                          | 289                       | 1,303965 | 0,262212  |
| <b>ABL</b> | 5                          | 289                       | 0,796569 | 0,552860  |
| <b>TEL</b> | 5                          | 289                       | 0,569252 | 0,723561  |
| <b>TEW</b> | 5                          | 289                       | 1,219259 | 0,300034  |
| <b>TD</b>  | 5                          | 289                       | 0,906954 | 0,476834  |
| <b>T</b>   | 5                          | 289                       | 2,453423 | 0,033762* |

Код мужјака мјерена морфометриска обиљежја која су показала статистички значајне разлике између различитих популација биле су: CLL, CEF, HEL, CGW, CPW, ARL и T. Резултати ове анализе приказани су у табели 19, прилог 1.

**Табела 19.** Приказ резултата анализе варијансе (ANOVA) за мужјаке врсте *A. torrentium* за свих шест популација. (звездом су означена обиљежја по којима се мужјаци из различитих популација статистички значајно разликују)

|     | <b>Df</b><br><b>Effect</b> | <b>df</b><br><b>Error</b> | <b>F</b> | <b>p</b>  |
|-----|----------------------------|---------------------------|----------|-----------|
| CLL | 5                          | 337                       | 4.871003 | 0.000257* |
| CPL | 5                          | 337                       | 1.864296 | 0.100026  |
| CFL | 5                          | 337                       | 1.511363 | 0.185614  |
| CLW | 5                          | 337                       | 2.042151 | 0.072349  |
| CLH | 5                          | 337                       | 1.254540 | 0.283323  |
| CEF | 5                          | 339                       | 2.454454 | 0.033332* |
| ROL | 5                          | 339                       | 0.918392 | 0.469085  |
| HEL | 5                          | 339                       | 5.821385 | 0.000036* |
| HEW | 5                          | 339                       | 1.048231 | 0.389160  |
| ROW | 5                          | 339                       | 1.382756 | 0.230150  |
| CGW | 5                          | 339                       | 3.381547 | 0.005387* |
| CPW | 5                          | 339                       | 3.469107 | 0.004517* |
| ARL | 5                          | 339                       | 3.174209 | 0.008155* |
| ARW | 5                          | 339                       | 1.111493 | 0.353936  |
| CPH | 5                          | 339                       | 1.171145 | 0.322978  |
| CEW | 5                          | 337                       | 1.698083 | 0.134442  |
| ABW | 5                          | 339                       | 2.051222 | 0.071134  |
| ABH | 5                          | 339                       | 1.551581 | 0.173304  |
| ABL | 5                          | 339                       | 1.606175 | 0.157773  |
| TEL | 5                          | 339                       | 2.158615 | 0.058294  |
| TEW | 5                          | 339                       | 1.386968 | 0.228557  |
| TD  | 5                          | 339                       | 1.467747 | 0.199784  |
| T   | 5                          | 339                       | 2.469073 | 0.032412* |



Како је утврђено постојање разлика у неким морфометриским обиљежјима између проучаваних популација, услиједила је примјена дискриминантне анализе (DA) како би из свих мјерених морфометрских обиљежја пронашли оне које најбоље раздвајају (дискриминирају) проучаване групе популација, а резултати дискриминантне анализе приказани у табели 20. У узорку *A. torrentium* за мужјаке свих пет каноничких функција објашњавају 100 % укупне варијансе изворних варијабли (карактера) мужјака. Анализирани узорци (популације) *A. torrentium* се најбоље (најаче) сепарирају (дискриминирају) првом каноничком функцијом (25 % укупне варијансе), (Табела 20) преко варијабле (карактера): (CLL, CPL, , HEL, HEW, CGW, CPW, CEW, T) и у мањој мјери преко карактера: (ROL, ROW, ARL, ABL, TD). Другом каноничком функцијом (13 % укупне варијансе, (Табела 20), најбоље се сепарирају преко карактера: (CLL, CPL, CFL, CGW, CPW, ARL, ARW, T), и у нешто мањој мјери преко карактера: (ROL, ROW, ABL). У трећој каноничкој функцији дискриминирању највише доприносе (CLL, CPL, CLW, CLH, ROL, CPW, CEW, ABW), (Табела 20). Четвртом каноничком функцијом (7 % укупне варијансе,) анализирани узорци се најбоље сепарирају преко карактера: (CFL, CLW, CEF, HEL, HEW, ROW, CPH, ABW, ABH, ABL), Петом каноничком функцијом (4% укупне варијансе, ) анализирани узорци се најбоље сепарирају преко карактера: (CLH, HEL, ARL, ARW, ABW, TEL, TD). Прве три каноничке функције објашњавају 80% укупне варијансе и на основу њих су направљени 2D графичком приказу (скатерплот) то јест визуелни тачкасти графици степена сепарације међу анализираним узорцима.

**Табела 20.** Резултати дискриминантне анализе (DA) за мужјаке врсте *A. torrentium* за свих шест популација.

|                 | Root 1    | Root 2    | Root 3    | Root 4    | Root 5    |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CLL             | 0,690030  | -0,481107 | 0,582173  | -0,323153 | 0,175589  |
| CPL             | -0,323774 | -0,606539 | 0,040148  | -0,167549 | 0,133591  |
| CFL             | -0,032498 | 0,684856  | -0,157151 | 0,505707  | -0,069471 |
| CLW             | -0,052058 | -0,235215 | -0,406907 | -0,359505 | 0,091769  |
| CLH             | 0,012985  | -0,052343 | 0,372004  | -0,079246 | -0,618533 |
| CEF             | 0,104327  | -0,050477 | -0,151119 | 0,803977  | 0,160386  |
| ROL             | 0,322068  | 0,303263  | 0,532433  | -0,221707 | 0,311255  |
| HEL             | -0,651092 | 1,799214  | 1,094825  | -0,574945 | 0,598926  |
| HEW             | 0,433830  | -0,186019 | -0,342402 | -0,614152 | 0,130473  |
| ROW             | -0,405681 | 0,348248  | -0,350065 | 0,400722  | 0,195704  |
| CGW             | -0,702207 | -0,669355 | 0,117435  | -0,031908 | 0,116007  |
| CPW             | 0,515536  | 0,854326  | 0,712740  | -0,060672 | 0,186983  |
| ARL             | -0,311885 | 0,982791  | 0,343928  | -0,203228 | 0,603917  |
| ARW             | -0,133376 | -0,509902 | -0,287691 | 0,224509  | -0,750505 |
| CPH             | -0,132584 | -0,180593 | -0,110100 | -0,477911 | -0,142631 |
| CEW             | 0,746987  | -0,154186 | -0,434597 | -0,100901 | 0,191882  |
| ABW             | -0,138561 | 0,026436  | 0,594040  | 0,563720  | 0,452586  |
| ABH             | -0,263189 | -0,154527 | 0,048848  | -0,459883 | 0,121515  |
| ABL             | -0,311904 | 0,328902  | 0,363440  | 0,526941  | 0,093133  |
| TEL             | 0,287119  | -0,213608 | -0,300440 | 0,004168  | 0,543207  |
| TEW             | 0,153222  | 0,282950  | -0,158813 | 0,275265  | -0,338158 |
| TD              | -0,427391 | -0,188593 | 0,285063  | 0,109037  | -0,406496 |
| T               | 0,604045  | 0,512382  | -0,191341 | -0,168269 | 0,336615  |
| <b>Eigenval</b> | 0,258711  | 0,138214  | 0,110595  | 0,078571  | 0,041721  |
| <b>Cum,Prop</b> | 0,412083  | 0,632235  | 0,808395  | 0,933545  | 1,000000  |

Методом "stepwise" обрађено је 15 морфометриска обиљежја, код мужјака *Forward stepwise* („корак унапријед“) поступком у дискриминантној анализи израчунати су Вилкс' Lambda коефицијенти, којима је изражен статистички значај снаге разликовања

(дискриминације, сепарације) у моделу. Вриједност Wilks' Lambda а коефицијента варира од 1,00 (нема разликовног значаја) до 0,00 (потпуно разликовање). Вриједност Wilks' Lambda коефицијента изражена је и путем стандардне  $\Phi$  вриједности, која је обрнуто пропорционална Wilks' Lambda коефицијенту, па је разликовна (дискриминациона) снага варијабле то већа што је  $\Phi$  вриједност већа. Највећу разликовну (дискриминациону) снагу у узорцима *A. torrentium* за мужјаке по редоследу имају следећи морфометриски карактери: HEL, CLL, CGW, T, CPL, (Табела 21). Анализирани карактери: ARL, CEW, CEF, ROL, CFL, ABW, ROW, HEW, CPW, ARW, немају (нису показали) статистички сигнификантну (значајну) разликовну (дискриминациону) снагу (Табела 21).

**Табела 21.** Резултати дискриминантне анализе (Stepwise поступак) за узорке мужјаке врсте *A. torrentium*. Број варијабли у моделу = 15; локалитета (6); Wilks' Lambda : 0,60758; approx . F (75,1546) = 2,2607;  $p < 0,0000$

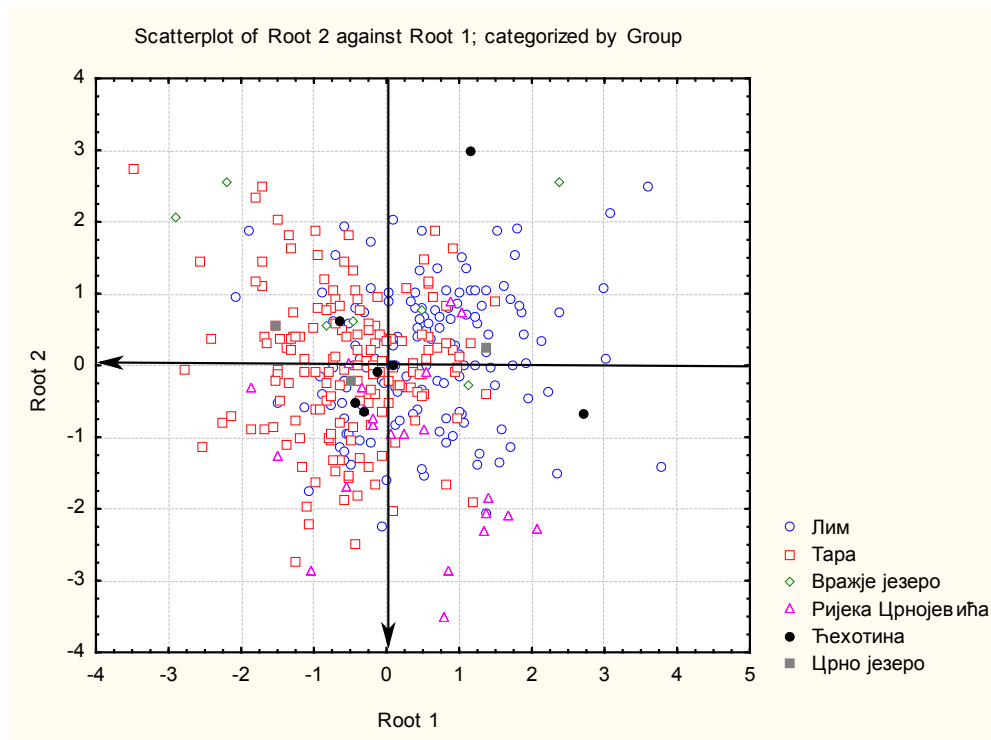
|     | Wilks' Lambda | Partial Lambda | F-remove (5,322) | p-level   | Toler,   | 1-Toler, (R-Sqr.) |
|-----|---------------|----------------|------------------|-----------|----------|-------------------|
| HEL | 0,652163      | 0,931634       | 4,725863         | 0,000352* | 0,112068 | 0,887932          |
| CLL | 0,662152      | 0,917579       | 5,784678         | 0,000039* | 0,534638 | 0,465362          |
| CGW | 0,644831      | 0,942227       | 3,948720         | 0,001726* | 0,400170 | 0,599830          |
| ARL | 0,625504      | 0,971341       | 1,900131         | 0,093904  | 0,174971 | 0,825029          |
| CEW | 0,626273      | 0,970148       | 1,981653         | 0,080979  | 0,286962 | 0,713038          |
| T   | 0,634565      | 0,957471       | 2,860525         | 0,015239* | 0,731118 | 0,268882          |
| CPL | 0,635582      | 0,955939       | 2,968335         | 0,012331* | 0,597200 | 0,402800          |
| CEF | 0,622595      | 0,975878       | 1,591827         | 0,161899  | 0,440370 | 0,559630          |
| ROL | 0,622468      | 0,976078       | 1,578331         | 0,165701  | 0,308909 | 0,691091          |
| CFL | 0,622060      | 0,976717       | 1,535139         | 0,178407  | 0,448164 | 0,551836          |
| ABW | 0,620991      | 0,978399       | 1,421795         | 0,215904  | 0,323466 | 0,676534          |
| ROW | 0,622258      | 0,976408       | 1,556052         | 0,172151  | 0,343264 | 0,656736          |
| HEW | 0,619077      | 0,981424       | 1,218920         | 0,299881  | 0,252316 | 0,747684          |
| CPW | 0,619851      | 0,980199       | 1,300965         | 0,263142  | 0,116957 | 0,883043          |
| ARW | 0,618091      | 0,982989       | 1,114443         | 0,352472  | 0,265877 | 0,734123          |

Највећи број тачно класифицираних мужјака био је у ријечи Тари (72,5 %) а онда у Лиму ( 62,9 %) док код осталих четири локалитета класифицираних мужјака било је нешто око 30 %. Тачност класификације била је 63,8%, (Табела 22).

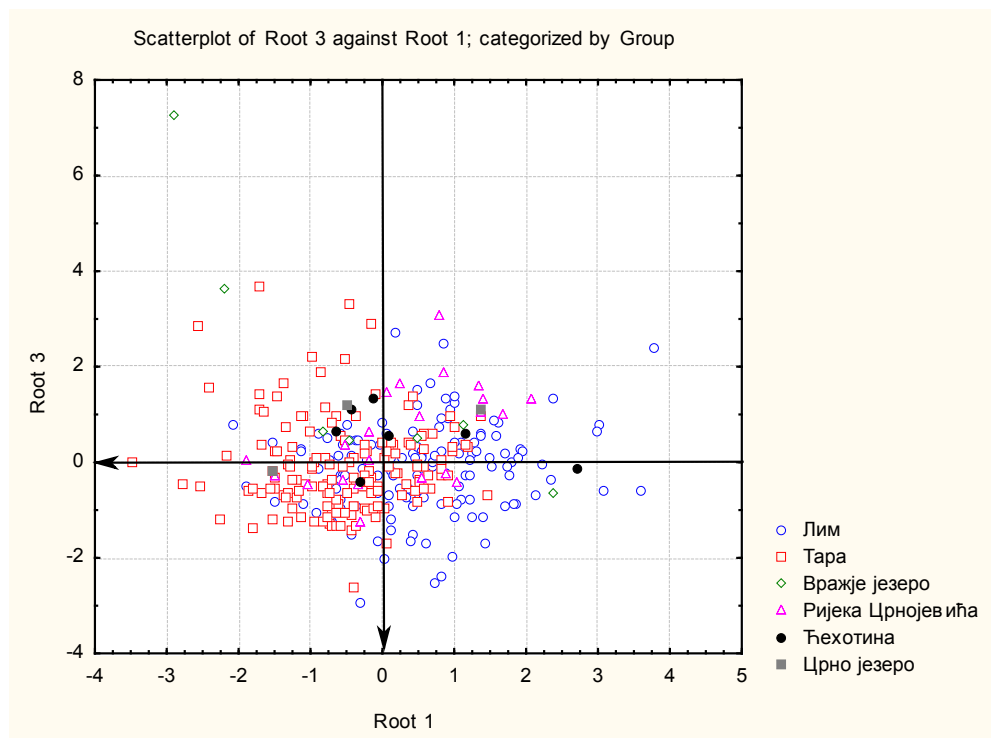
**Табела 22.** Резултати дискриминантне анализе за мужјаке врсте *A. torrentium*: Процент тачно класифицираних јединки у одређену групу

|                   | Percent - Correct | Тара<br>p=,46784 | Лим<br>p=,41813 | Црно јез.<br>p=,00877 | Вражје јез.<br>p=,02047 | Ријека Црнојевића<br>p=,06433 | Ћехотинаа<br>p=,02047 |
|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Тара              | 72,50000          | 116              | 36              | 0                     | 6                       | 1                             | 1                     |
| Лим               | 62,93706          | 50               | 90              | 0                     | 1                       | 1                             | 1                     |
| Црно језеро       | 33,33333          | 2                | 0               | 1                     | 0                       | 0                             | 0                     |
| Вражје јез        | 28,57143          | 2                | 3               | 0                     | 2                       | 0                             | 0                     |
| Ријека Црнојевића | 31,81818          | 10               | 4               | 1                     | 0                       | 7                             | 0                     |
| Ћехотина          | 28,57143          | 4                | 1               | 0                     | 0                       | 0                             | 2                     |
| Тотал             | 63,74269          | 184              | 134             | 2                     | 9                       | 9                             | 4                     |

На 2Д графичком приказу (Слика 46.) је представљен степен сепарације (раздвајања) између шест анализираних узорака популација *A. torrentium*. Може се видјети да долази до преклапања свих популација. Гледано по x – оси може се запазити, нешто мање изражено, одвајање узорка популације из Ријеке Црнојевића. По у – оси се благо дефинишу узорци популација из Лима и Таре. (Слика 46, 47).

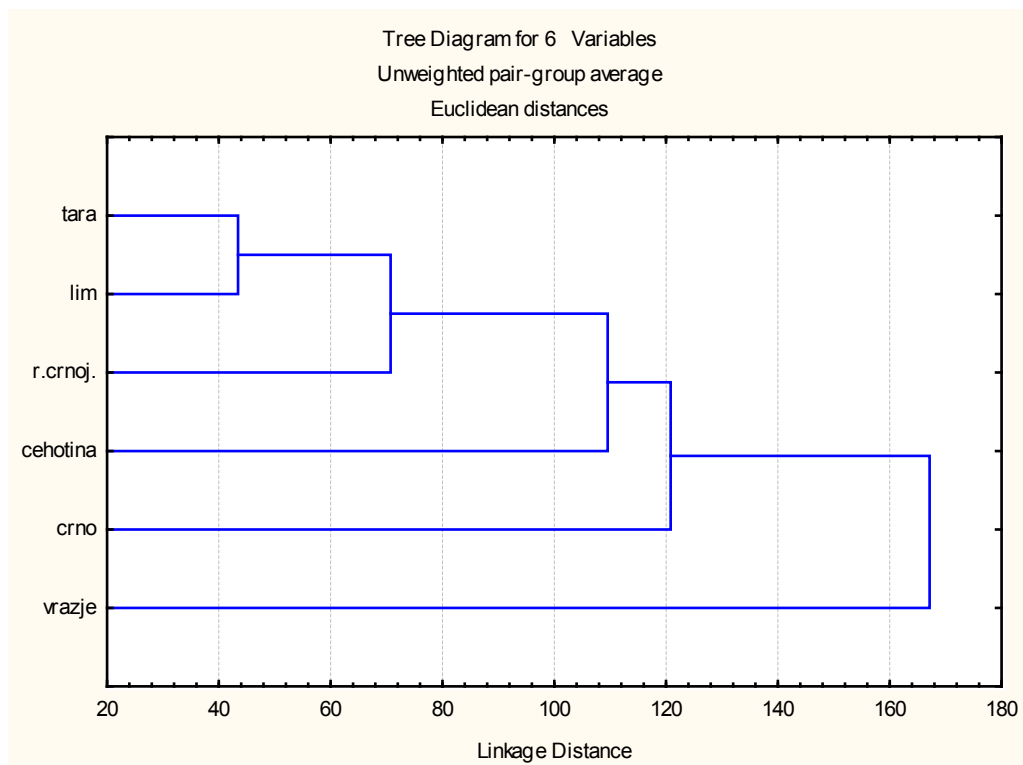


Слика 46. Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака мужјака *A. torrentium* (Root 1-Root 2)



Слика 47. Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака мужјака *A. torrentium* (Root 1-Root 3)

У UPGMA дендограму узорака мужјака популације *A. torrentium* (слика 48.) формирана су два кластера. Први кластер чини само један узорак (локалитет) популације Вражје језеро, који се по анализираним карактерима, издваја као значајан другачији од осталих анализираних узорака (популација). Други кластер чини једна доста хетерогена група узорака састављана од пет узорака популације. Та два кластера се повезују у заједнички кластер при Еуклидској удаљености од 168 DE. Други субкластер је формиран од 2 мања субкластера гдје су у првом узорци популације Тара и Лима, они су доста хомогени тј. разлике између узорака популација су релативно мале, у другом субкластеру су узорци популација Ријека Црнојевица, Ћехотина и Црно језеро што представља једну доста хетерогену групу узорака популације које се међусобно доста разликују по анализираним карактерима. Међусобно су најсличнијни узорци популација Тара и Лим који се повезују у заједнички кластер на Еуклидској удаљености од 45 DE. (слика 48 ).



Слика 48. UPGMA дендограм узорака мужјака (популације) *A. torrentium*

У узорку *A. torrentium* за женке свих пет каноничких функција објашњавају 100 % укупне варијансе изворних варијабли (карактера) женки. Анализирани узорци (популације) *A. torrentium* се најбоље (најјаче) сепарирају (дискриминирају) првом каноничком функцијом (29 % укупне варијансе), (Табела 23) преко варијабле (карактера): CPL, ROL, ROW, CGW, CPW, CEW, ABW. Другом каноничком функцијом (22 % укупне варијансе, (Табела 23), најбоље се сепарирају преко карактера: CLH, CGW, CPW, ARL, ARW, ABH, и у нешто мањој мјери преко карактера: CEW, ABL, TEL. У трећој каноничкој функцији била је CLL, CFL, CLW, ROW, ABH, ABL, TEW, TD, T, (Табела 23). Четвртог каноничком функцијом (6 % укупне варијансе,) анализирани узорци се најбоље сепарирају преко карактера: CLL, HEW, ROW, CGW, ARW, TEL, T. Петом каноничком функцијом (4 % укупне варијансе, ) анализирани узорци се најбоље сепарирају преко карактера: CPL, CFL, CEF, HEW, CPH, CEW, TEW. Прве три каноничке функције објашњавају 85 % укупне варијансе и на основу њих су направљени 2Д графичком приказу (скатерплот) то јест визуелни тачкасти графички прикази.



**Табела 23.** Резултати дискриминантне анализе (DA) за женке врсте *A. torrentium* Стандардизирани коефицијент каноничких дискриминантних функција за свих шест популација.

|                  | <b>Root 1</b> | <b>Root 2</b> | <b>Root 3</b> | <b>Root 4</b> | <b>Root 5</b> |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| CLL              | 0,05718       | 0,00228       | 0,39124       | 0,4134        | 0,1292        |
| CPL              | -0,41026      | -0,02035      | 0,23174       | -0,0572       | 0,4366        |
| CFL              | -0,08621      | 0,04149       | 0,51880       | 0,0920        | 0,4709        |
| CLW              | -0,12686      | -0,20171      | -0,35324      | -0,1298       | -0,2170       |
| CLH              | -0,26004      | 0,45096       | 0,12356       | 0,1350        | -0,0271       |
| CEF              | -0,21034      | 0,29727       | -0,15135      | 0,0435        | -0,7530       |
| ROL              | 0,57396       | -0,09497      | -0,30481      | 0,2116        | 0,0239        |
| HEL              | 0,23573       | -0,00696      | 0,09867       | -0,2827       | -0,0511       |
| HEW              | 0,36052       | -0,72616      | -0,04794      | -0,4171       | 0,4903        |
| ROW              | -0,70397      | 0,25334       | 0,38604       | -0,3660       | -0,2980       |
| CGW              | 0,40234       | 0,50015       | -0,30532      | -0,4925       | 0,1459        |
| CPW              | 0,54512       | 0,54458       | 1,05550       | -0,1541       | 1,6604        |
| ARL              | -0,19115      | -0,50173      | -0,01297      | 0,0447        | -1,6517       |
| ARW              | 0,17207       | -0,74249      | -0,28427      | 0,5163        | -1,5095       |
| CPH              | -0,17757      | -0,25862      | 0,13047       | 1,0375        | 0,6659        |
| CEW              | -0,59268      | -0,37215      | -0,19990      | -1,8076       | -0,6440       |
| ABW              | 0,46948       | -0,09513      | 0,16572       | 0,3267        | 0,1978        |
| ABH              | -0,19621      | 0,90695       | -0,58346      | -0,0846       | 0,0468        |
| ABL              | -0,25736      | -0,37019      | 0,37616       | -0,0020       | -0,2651       |
| TEL              | 0,10818       | 0,31536       | -0,10197      | 0,7964        | -0,2438       |
| TEW              | -0,14442      | -0,13368      | -0,59722      | 0,3696        | 0,3756        |
| TD               | 0,28802       | 0,51590       | 0,52852       | -0,2068       | 0,0949        |
| T                | -0,43197      | -0,71435      | -0,51566      | 0,4564        | -0,2716       |
| <b>Eigenval</b>  | 0,29200       | 0,22679       | 0,11955       | 0,0614        | 0,0441        |
| <b>Cum. Prop</b> | 0,39253       | 0,69740       | 0,85811       | 0,9407        | 1,0000        |

Методом "stepwise" код женки обрађено је 14 морфометриска обиљежја. Највећу разликовну (дискриминациону) снагу у узорцима *A. torrentium* за женке по редосљеду имају следећи морфометриски карактери: CPL, CGW, CEW, ABH, ROW, HEW, T, (Табела 24). Анализирани карактери: CPW, ARW, CEF, TD, TEW, ROL и CLH немају односно нису показали статистички сигнификантну (значајну) разликовну (дискриминациону) снагу (Табела 24).

**Табела 24.** Резултати дискриминантне анализе (Stepwise поступак) за узорке женки врсте *A. torrentium*. Број варијабли у моделу = 14; локалитета (6); Вилкс' Ламбда: 0,56236; апрох.  $F(70,1289) = 2,3675$ ;  $p < 0,0000$

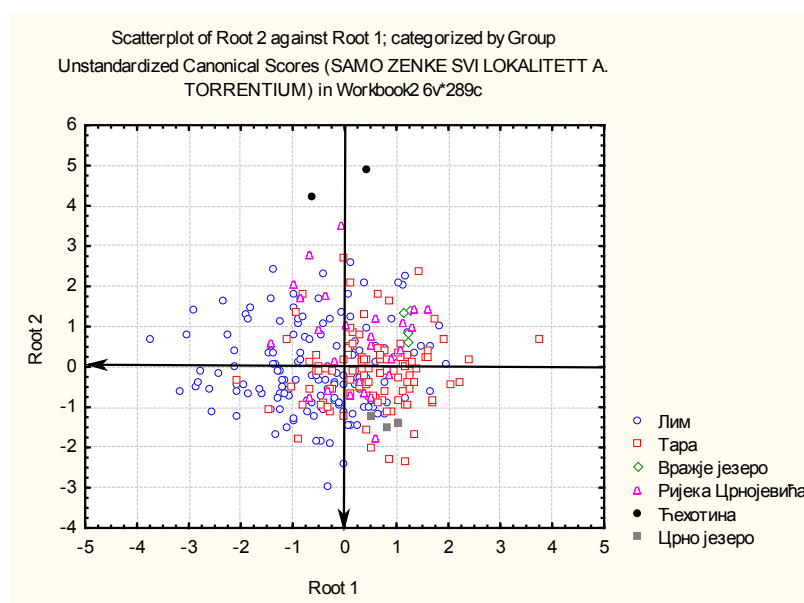
|     | Wilks' Lambda | Partial Lambda | F remove | P Level   | Toler.   | 1-Toler. |
|-----|---------------|----------------|----------|-----------|----------|----------|
| CPL | 0,587219      | 0,957660       | 2,387428 | 0,038449* | 0,528092 | 0,471908 |
| CGW | 0,593509      | 0,947510       | 2,991485 | 0,012026* | 0,452591 | 0,547409 |
| CEW | 0,594911      | 0,945278       | 3,126057 | 0,009237* | 0,294451 | 0,705549 |
| ABH | 0,611445      | 0,919716       | 4,713759 | 0,000382* | 0,425497 | 0,574503 |
| CPW | 0,583337      | 0,964033       | 2,014650 | 0,076822  | 0,353458 | 0,646542 |
| ARW | 0,581293      | 0,967423       | 1,818383 | 0,109399  | 0,339046 | 0,660954 |
| ROW | 0,590913      | 0,951673       | 2,742149 | 0,019525* | 0,365133 | 0,634867 |
| HEW | 0,591463      | 0,950788       | 2,794973 | 0,017629* | 0,344419 | 0,655581 |
| CEF | 0,578296      | 0,972436       | 1,530674 | 0,180411  | 0,624319 | 0,375681 |
| T   | 0,591751      | 0,950325       | 2,822641 | 0,016708* | 0,300571 | 0,699429 |
| TD  | 0,579099      | 0,971088       | 1,607716 | 0,158173  | 0,281189 | 0,718811 |
| TEW | 0,575450      | 0,977246       | 1,257321 | 0,282746  | 0,288345 | 0,711656 |
| ROL | 0,577460      | 0,973845       | 1,450311 | 0,206504  | 0,313140 | 0,686860 |
| CLH | 0,573189      | 0,981100       | 1,040249 | 0,394276  | 0,315946 | 0,684054 |

Највећи број тачно класифицираних женки био је у ријеци Лим (73,1 %) а онда у Тари ( 59,6 %), Вржјем језеру 50,0 % док је узорак женки у ријеци Техотини показао 100% класификацију. Тачност класификације била је 62,6 %. (Табела 25).

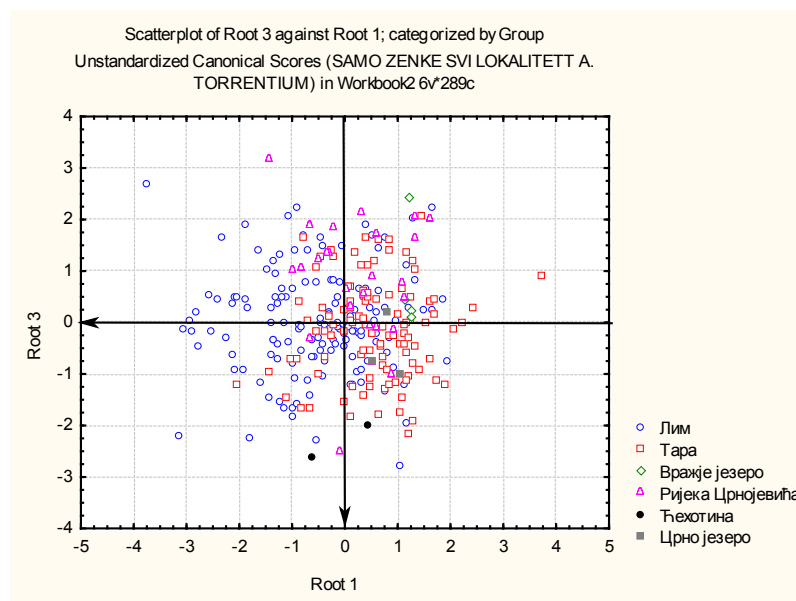
**Табела 25.** Резултати дискриминантне анализе за женке врсте *A. torrentium*: Процент тачно класифицираних јединки у одређену групу

|             | Percent - Correct | Тара<br>p=,37716 | Лим<br>p=,50173 | Црно јез.<br>p=,01038 | Вражје јез.<br>p=,01384 | Р. Црној.<br>p=,08997 | Ћехотина<br>p=,00692 |
|-------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| Тара        | 59,6330           | 65               | 40              | 1                     | 1                       | 2                     | 0                    |
| Лим         | 73,1034           | 34               | 106             | 0                     | 0                       | 5                     | 0                    |
| Црно јез,   | 33,3333           | 2                | 0               | 1                     | 0                       | 0                     | 0                    |
| Вражје јез, | 50,0000           | 1                | 0               | 0                     | 2                       | 1                     | 0                    |
| Р,Црнојеви, | 19,2308           | 10               | 10              | 0                     | 0                       | 5                     | 1                    |
| Ћехотина    | 100,0000          | 0                | 0               | 0                     | 0                       | 0                     | 2                    |
| Тотал       | 62,6298           | 112              | 156             | 2                     | 3                       | 13                    | 3                    |

На 2Д графичком приказу (Слика 49.) је представљен степен сепарације (раздвајања) између шест анализираних узорака популација *A. torrentium* код женки. Може се видјети да долази до преклапања свих популација. Гледано по x – оси може се запазити, нешто мање изражено, одвајање узорка популације из Ријеке Црнојевића. По у – оси се благо дефинишу узорци популација из Лима и Таре. (Слика 49, 50).

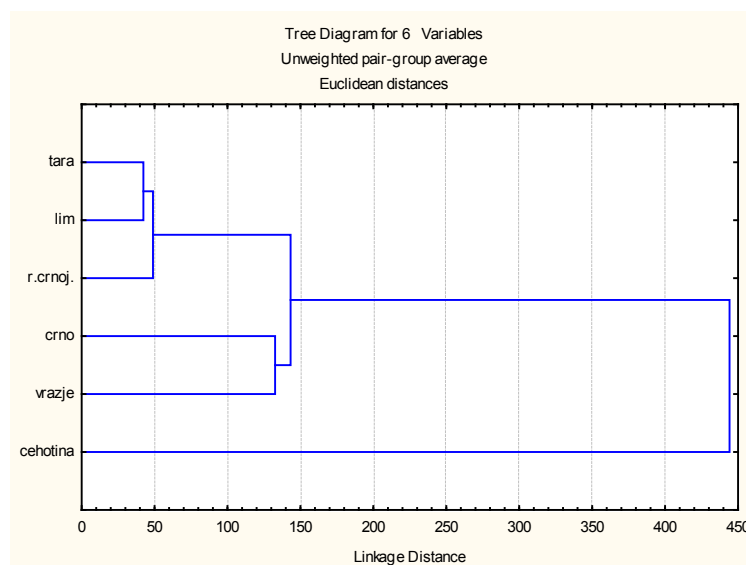


**Слика 49.** Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака женки *A. torrentium* (Root 1-Root 2)



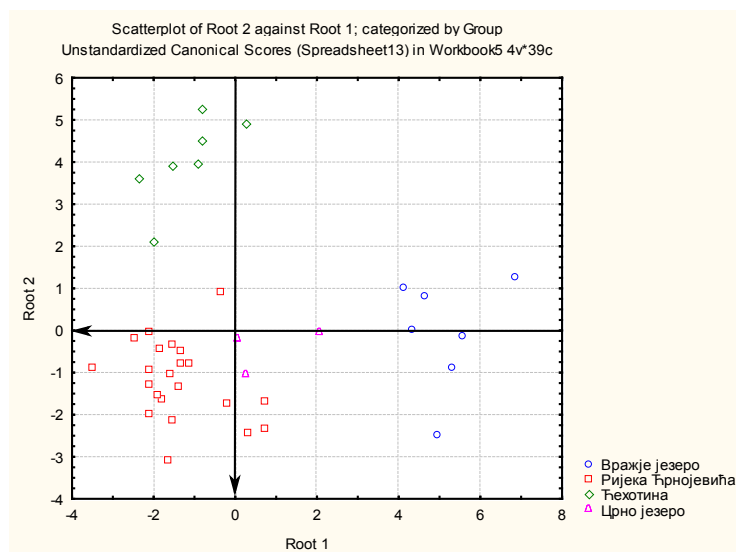
Слика 50. Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака женки *A. torrentium* (Root 1-Root 3)

У UPGMA дендограму узорака женки популација *A. torrentium* (слика 51) формирана су два кластера. Први кластер чини само један узорак (локалитет) популације Ћехотина, који се по анализираним карактерима, издваја као значајно другачији од осталих анализираних узорака (популација). Други кластер чини једна доста хетерогена група узорака састављана од пет узорака популације. Та два кластера се повезују у заједнички кластер при Еуклидској удаљености од 448 DE. Други кластер је формиран од 2 мања субкластера гдје су у првом узорци популације Таре, Лима и Ријеке Црнојевића као међусобно сличнији а значајно различити од других два. Узорак популације Ријека Црнојевића се у кластеру издваја на Еуклидској удаљености 50 DE. Међусобно су најсличнији узорци популација Црно и Вражје језеро који се повезују у заједнички кластер на Еуклидској удаљености од 130 DE).

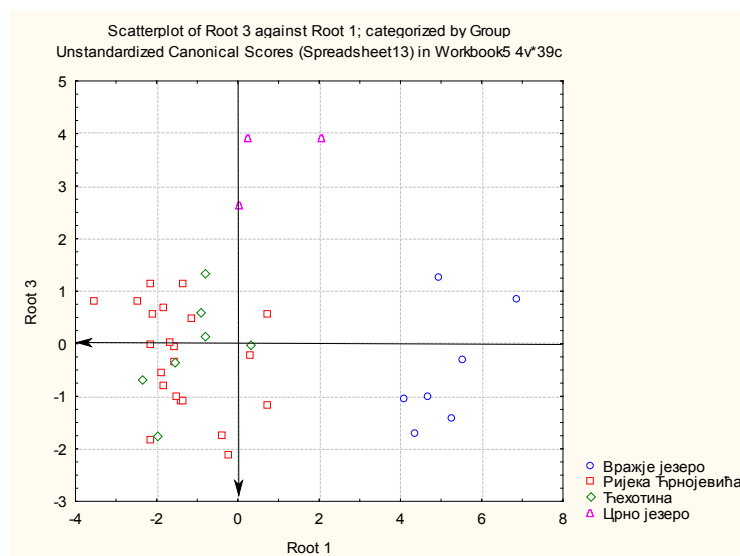


Слика 51. UPGMA дендограм узорака женки (популације) *A. torrentium*

Како би смо видјели да ли постоји одвајање урадили смо посебно за четири популације каноничку анализу за мужјаке са четири популације и то Црно, Вражје језеро, ријеку Ћехотину и Ријеку Црнојевића, јер су оне са мањим бројем узорака. На слици 50. Гледано по x- оси популације из ријеке Ћехотине се одвајају. Популације из Ријеке Црнојевића и Црног језера се преклапају. Гледано по y-оси популације из ријеке Ћехотине се одвајају. z-оса показује преклапање популација из ријеке Ћехотине и Ријеке Црнојевића (Слика52.,53).



Слика 52. Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака мужјака *A. torrentium* (Root 1-Root 2) за четири популације.



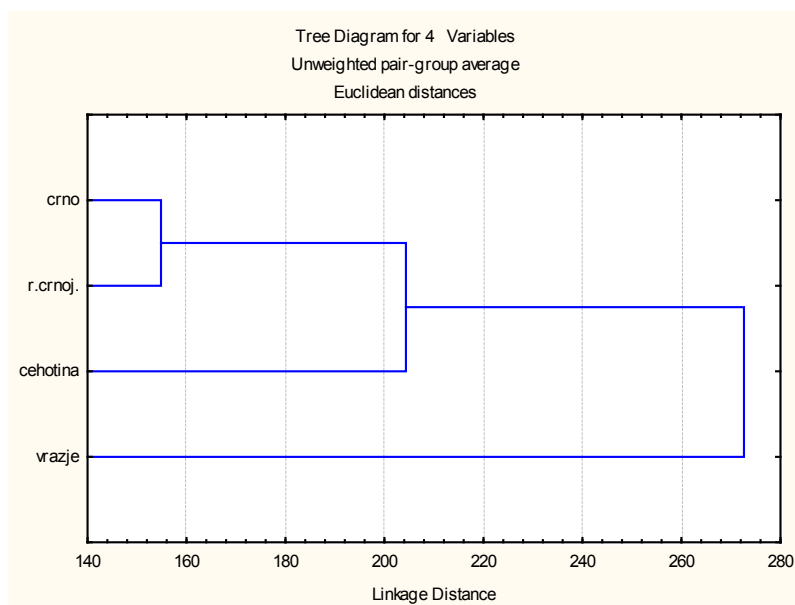
**Слика 53.** Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака мужјака *A.torrentium* (Root 1-Root 3) за четири популације

Као и њихов проценат класификације, гдје видимо да је за мужјаке проценат класифицираних јединки јако висок тј. 100 %. (Табела 26).

**Табела 26.** Резултати дискриминантне анализе за мужјаке врсте *A.torrentium* за четири популације. Процент тачно класифицираних јединки у одређену групу

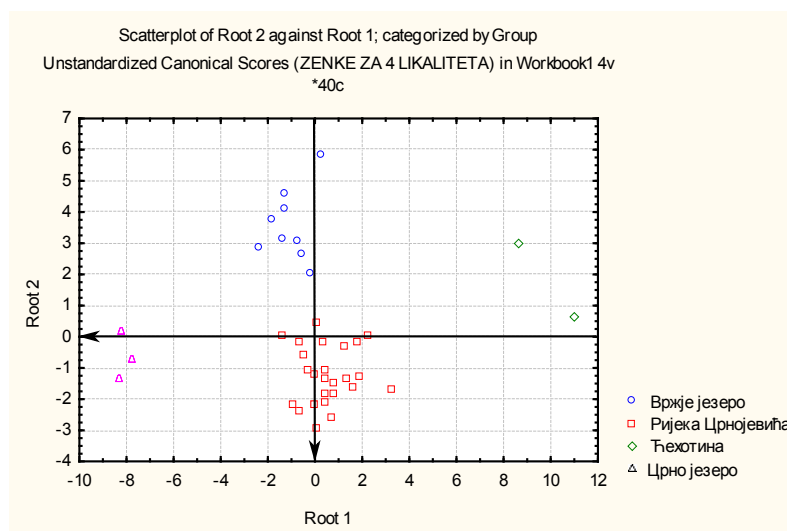
|               | Percent Correct | Црно јез. p=,07692 | Вражје јез. p=,17949 | Р. Црној. p=,56410 | Ћехотина p=,17949 |
|---------------|-----------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| Црно језеро   | 100,0000        | 3                  | 0                    | 0                  | 0                 |
| Вражје језеро | 100,0000        | 0                  | 7                    | 0                  | 0                 |
| Р. Црнојевића | 100,0000        | 0                  | 0                    | 22                 | 0                 |
| Ћехотина      | 100,0000        | 0                  | 0                    | 0                  | 7                 |
| Тотал         | 100,0000        | 3                  | 7                    | 22                 | 7                 |

На слици 54. видимо да су формирана два кластера, која се међусобно одвајају на Еуклидској удаљености од 278 DE. Други кластер чине узорци популације Вражје језеро. Док први кластер чине два субкластера гдје су код мужјака најсличнији карактери узорака популације из Црног језера и Ријеке Црнојевића и представљају хомогену цјелину, док други субкластер представљају узорци популације Ћехотина који се међусобно одвајају на Еуклидској удаљености од 205 DE.



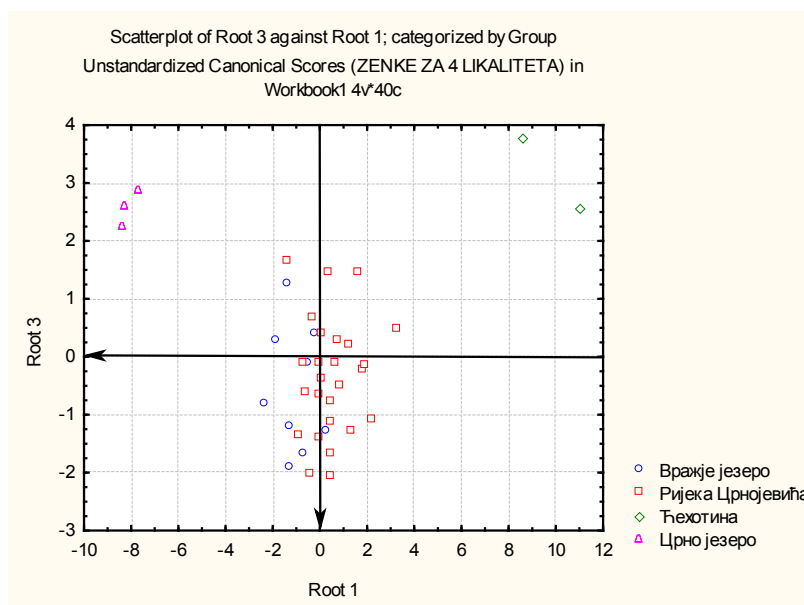
Слика 54. UPGMA дендограм узорака мужјака за четири популације *A. torrentium*

На графичкиом приказу (Слика 55, 56,) су представљени поменути узорци популација женки *A. torrentium* такође за четири популације које су међусобно најбоље сепарирани, то јест скоро потпуно одвојене (дискриминиране). Гледамо по x- осци популације из Вражјег језера и ријеке Техотине се одвајају, по у-осци популације Црног језера и Техотине се одвајају.



Слика 55. Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака женки *A. torrentium* (Root 1-Root 2) за четири популације





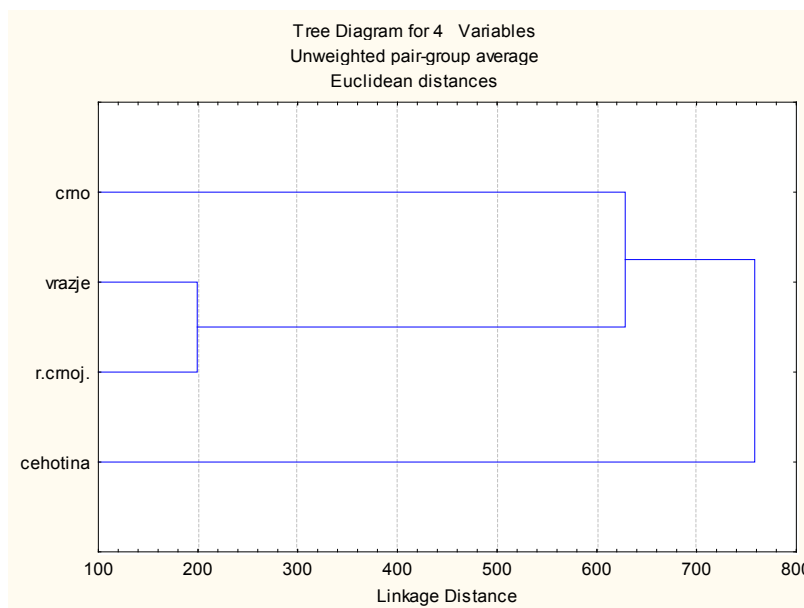
**Слика 56.** Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака женки *A. torrentium* (Root 1-Root 3) за четири популације

Процент класификације за женке је такође био висок тј. 100%. (Табела 27).

**Табела 27.** Резултати дискриминантне анализе за женке врсте *A. torrentium* за четири популације. Процент тачно класифицираних јединки у одређену групу

| Групе         | % тачно класифицираних јединки | Црно јез. p=,08333 | Вражје јез. p=,11111 | Р. Црнојевића p=,75000 | Ћехотина p=,05556 |
|---------------|--------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| Црно језеро   | 100,0000                       | 3                  | 0                    | 0                      | 0                 |
| Вражје језеро | 100,0000                       | 0                  | 4                    | 0                      | 0                 |
| Р. Црнојевић  | 100,0000                       | 0                  | 0                    | 27                     | 0                 |
| Ћехотина      | 100,0000                       | 0                  | 0                    | 0                      | 2                 |
| Тотал         | 100,0000                       | 3                  | 4                    | 27                     | 2                 |

На слици 57. приказана су такође и код женки два кластера. Узорци популације из рујеке Ћехотине се издвајају у посебан кластер на Еуклидској удаљености 760 DE. Узорци популација из Вражјег језера и Ријеке Црнојевића доста су хомогене, и представљене су у један кластер, док се узорци популације из Црног језера издвајају у посебан субкластер на Еуклидској удаљености од 620 DE. (Слика 57)



Слика 57. UMGMA дендограм узоракa женки за четири популације *A.torrentium*

### 6.3. Врста *Austropotamobius pallipes*

#### 6.3.1. Физичко – хемијски параметри истраживаних вода

Систематска испитивања квалитета воде вршена су по параметрима чије су вриједности приказане у табели 28. Због очекиване мале количине азота и фосфора мјерене су њихове тоталне концентрације. Температура воде у току истраживања кретала се од 10 – 16.10 °C. рН вриједности од 6,48 до 8,70. Смртоносни ефекат за живи свијет се остварује када су вриједности за рН мање од 4,5 или веће од 9,5. Просјечна вриједност раствореног кисеоника била је изнад 10,00 mg/l. гдје је на локалитету Туњево изразито висок и износи 14,4 mg/l. Високи индекси засићености воде кисеоником (100,25 – 145,55%) указују да је ријеч о природним, незагађеним водама, што дјелимично потврђују и изразито ниске вриједности за утросак  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{BPK}_5$ . Средња вриједност  $\text{BPK}_5$  у испитиваним узорцима је око 2,00 mg/l  $\text{O}_2$ . Вриједностима рН од Од 6,48- 8,42. Из резултата мјерења се види да су наше воде прилично чисте. Високе вриједности засићености воде кисеоником и ниске

вриједности за ВРК<sub>5</sub> указују на чисту воду. Вегетација је заступљена у високом проценту. Дубина воде била је у период истраживања до 1.20 м. Док се доњи ток ријеке Зете налази на надморској висини од 40 – 71 мнв. (Табела 28)

**Табела 28.** Средње вриједности параметара за физичко-хемијску анализу воде доњег тока ријеке Зете

| Локалитети  | Глава<br>Зете | Слап   | Туњево | Даниловград<br>испод моста | Спуж,<br>испод<br>моста | Рибњак |
|---|---------------|--------|--------|----------------------------|-------------------------|--------|
| Над.висина, (m)                                   | 71            | 68     | 65     | 55                         | 49                      | 45     |
| ширина корита, (m)                                | 100           | 120    | 90     | 60                         | 65                      | 80     |
| Дубина вод. (m)                                   | -             | 1,20   | 0,95   | 1,15                       | 1,00                    | 1,42   |
| Шљунак, (%)                                       | 70            | 60     | 50     | 60                         | 70                      | 40     |
| Муљ (%)   | 10            | 20     | 10     | 20                         | 20                      | 20     |
| Детритус (%)                                      | 20            | 30     | 40     | 20                         | 10                      | 40     |
| Брзина m <sup>3</sup> /s                          | 50            | 25     | 15     | 58,5                       | 40,6                    | 59     |
| Вегетација, (%)                                   | 70            | 80     | 75     | 94                         | 68                      | 80     |
| Агрикултура, (%)                                  | 35            | 50     | 60     | 50                         | 60                      | 40     |
| Темп.воде, °C                                     | 10,95         | 14,85  | 15,25  | 16,1                       | 15,6                    | 10,76  |
| Засићени O <sub>2</sub> , (%)                     | 100,25        | 108,25 | 145,55 | 114,8                      | 115,9                   | 105,5  |
| Тотал азот, (N mg/ dm <sup>3</sup> )              | 0,5           | 0,5    | 0,5    | 0,5                        | 0,5                     | 0,5    |
| Тотални Фосфор, (P mg/ dm <sup>3</sup> )          | 0,05          | 0,05   | 0,05   | 0,05                       | 0,05                    | 0,05   |
| Електропроводљивост S/ cm]                        | 305,0         | 289,0  | 283,5  | 294,5                      | 293,0                   | 278,0  |
| pH,   | 7,62          | 8,13   | 8,42   | 7,37                       | 7,52                    | 6,48   |
| Растворени O <sub>2</sub> , (mg/dm <sup>3</sup> ) | 10,95         | 10,93  | 14,04  | 11,21                      | 11,15                   | 11,77  |
| Амонијак, (mg/dm <sup>3</sup> )                   | 0,00          | 0,00   | 0,00   | 0,00                       | 0,00                    | 0,00   |
| ВРК <sub>5</sub> , (mg/dm <sup>3</sup> )          | 1,84          | 2,04   | 1,63   | 1,96                       | 1,76                    | 1,48   |
| Тврдоћа воде, °dH                                 | 7,89          | 7,56   | 7,45   | 8,04                       | 7,94                    | 7,54   |

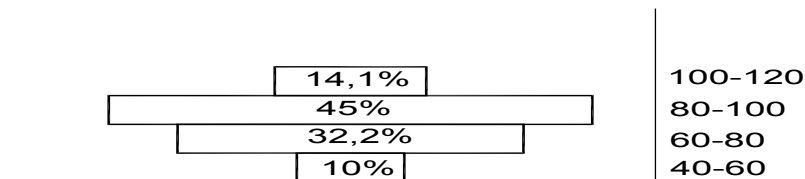
### 6.3.2. Узрасна структура *Austropotamobius pallipes*

Што се тиче врсте *A. pallipes* у доњем току ријеке Зете такође је на уздужном профилу тока бројност приближно једнака. Највећа бројност је утврђена у средишњем дијелу тока на локалитету Спуж. Анализа структуре по дужинским групама показује да углавном одсуствују мање односно млађе групе (Табела 29).

**Табела 29.** Процентуална заступљеност ријечног рака *A. pallipes* по дужини тијела и средња вриједност тежине у доњем току ријеке Зете

| Локације узоркова.<br>на ријеци Зети |                                   | Дужинске групе (mm) |       |        |         | Укупан број<br>јединки |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------|--------|---------|------------------------|
|                                      |                                   | 41-60               | 61-80 | 81-100 | 101-120 |                        |
| Туњево - Зета                        | N (број јединки)                  | -                   | 5     | 7      | 5       | 17                     |
|                                      | % заступљености                   | -                   | 29.4  | 41.2   | 29.4    |                        |
|                                      | средња вриј. тежине<br>тијела (g) | -                   | 12.7  | 25.5   | 44.1    |                        |
| Зета - Спуж 1                        | N (број јединки)                  | 5                   | 18    | 21     | 9       | 53                     |
|                                      | % заступљености                   | 9.4                 | 33.9  | 39.6   | 16.9    |                        |
|                                      | средња вриј. тежине<br>тијела (g) | 5.4                 | 14.8  | 29.9   | 45.3    |                        |
| Зета - Спуж 2                        | N (број јединки)                  | 8                   | 21    | 29     | 10      | 68                     |
|                                      | % заступљености                   | 11.7                | 30.8  | 42.6   | 14.7    |                        |
|                                      | средња вриј. тежине<br>тијела (g) | 6.5                 | 15.7  | 27.2   | 45.6    |                        |
| Зета испод моста<br>Данилковград     | N (број јединки)                  | 7                   | 13    | 28     | 5       | 53                     |
|                                      | % заступљености                   | 13.2                | 24.5  | 52.8   | 9.4     |                        |
|                                      | средња вриј. тежине<br>тијела (g) | 5.9                 | 14.6  | 26.9   | 43.4    |                        |
| Зета -Слап                           | N (број јединки)                  | 8                   | 21    | 24     | 3       | 53                     |
|                                      | % заступљености                   | 14.2                | 37.5  | 42.8   | 5.3     |                        |
|                                      | средња вриј. тежине<br>тијела (g) | 5.6                 | 15.1  | 27.9   | 42.6    |                        |
| Зета - рибњак                        | N (број јединки)                  | 4                   | 16    | 26     | 9       | 55                     |
|                                      | % заступљености                   | 7.3                 | 29.1  | 47.3   | 16.3    |                        |
|                                      | средња вриј. тежине<br>тијела (g) | 4.1                 | 14.3  | 26.9   | 41.2    |                        |
| Глава Зете                           | N (број јединки)                  | 2                   | 19    | 23     | 3       | 47                     |
|                                      | % заступљености                   | 4.2                 | 40.4  | 48.9   | 6.4     |                        |
|                                      | средња вриј. тежине<br>тијела (g) | 5.7                 | 15.5  | 27.6   | 46.4    |                        |

Нису нађене јединке мање од 40 mm. Највећа заступљеност јединки била је у дужинској групи од 81-100 mm (45 %), док у дужинској групи 100 - 120 mm заступљеност је била 14,1 %. Нису ловљени ракови већи од 120 mm. Дужинска група од 60-80 mm била је заступљена са 32,2 %, а дужине од 40-60 mm било их је само 10 %. Мањих од 40 mm није било у узорку. (Слика 58).



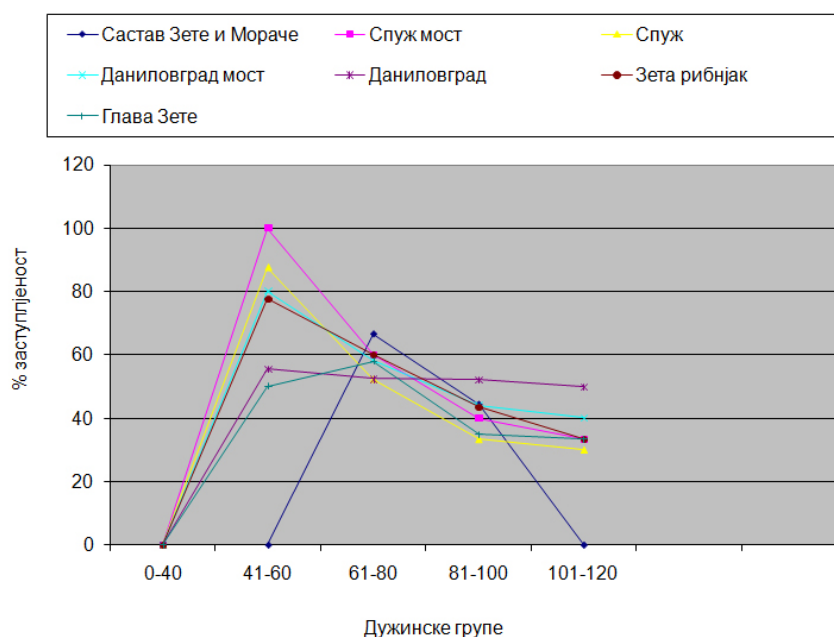
Слика 58. Процентуална заступљеност врсте *A. pallipes* у доњем току ријеке Зете

### 6.3.3. Полна структура *Austropotamobius pallipes*

Полна структура код врсте *A. pallipes* показује много већу процентуалну заступљеност женки у мањим дужинским групама (40-80 mm) док у дужинској групи (100-120 mm), показује веће учешће мужјака. Код јединки дужинске групе (80 -100 mm), однос полова је приближно једнак (Табела 30, слика 59).

Табела 30. Процентуална заступљеност мужјака и женки рака *A. pallipes* по истраживаним локалитетима

| Локалитети              | Pol | Дужинске групе (mm) |       |        |         | Укупно |
|-------------------------|-----|---------------------|-------|--------|---------|--------|
|                         |     | 41-60               | 61-80 | 81-100 | 101-120 |        |
| Туњево -Зета            | ♀   | -                   | 66,6  | 44,4   | -       | 47,1   |
|                         | ♂   |                     | 33,3  | 55,5   | 100     | 52,9   |
| Зета -Спуж 1            | ♀   | 100                 | 60,0  | 40,0   | 33,3    | 50,9   |
|                         | ♂   | -                   | 40,0  | 60,0   | 66,6    | 49,1   |
| Зета -Спуж 2            | ♀   | 87,5                | 52,3  | 33,3   | 30,0    | 44,1   |
|                         | ♂   | 12,5                | 47,6  | 66,6   | 70,0    | 52,9   |
| Даниловград испод моста | ♀   | 80,0                | 58,3  | 44,0   | 40,0    | 53,8   |
|                         | ♂   | 20,0                | 41,6  | 56,0   | 60,0    | 46,2   |
| Слап- Даниловград       | ♀   | 55,5                | 52,4  | 52,2   | 50,0    | 48,2   |
|                         | ♂   | 44,4                | 47,6  | 47,8   | 50,0    | 46,4   |
| Зета - рибњак           | ♀   | 77,7                | 60,0  | 43,5   | 33,3    | 52,7   |
|                         | ♂   | 22,2                | 40,0  | 56,5   | 66,6    | 49,1   |
| Глава Зете              | ♀   | 50,0                | 57,9  | 34,8   | 33,3    | 44,7   |
|                         | ♂   | 50,0                | 42,1  | 65,2   | 66,6    | 55,3   |



Слика 59. Процентуална заступљеност женки различитих дужинских група рака *A. pallipes*

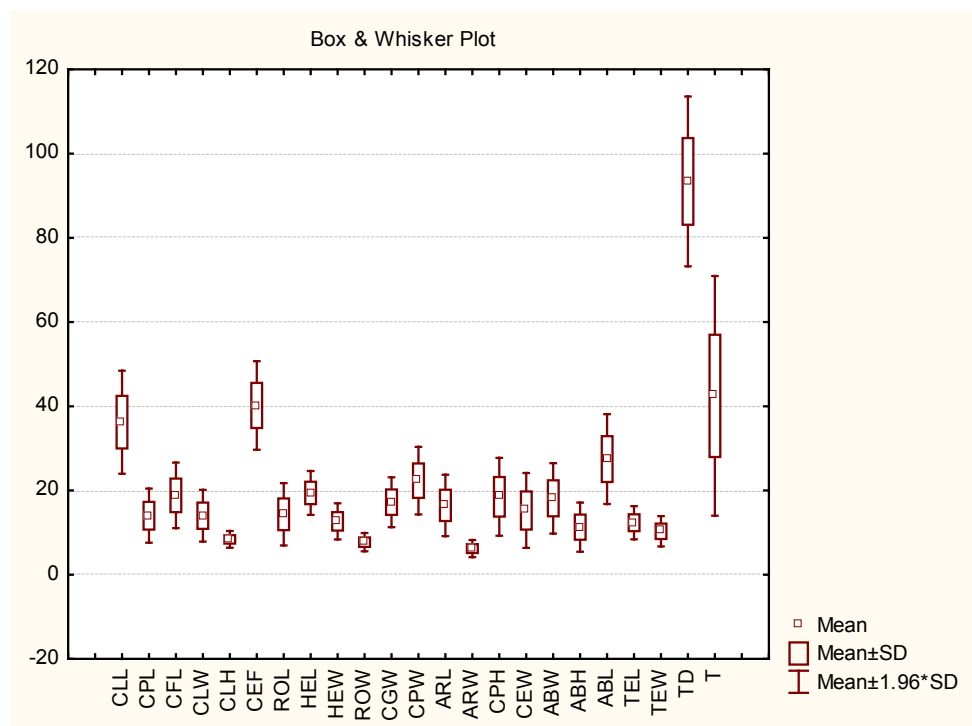
#### 6.3.4. Морфометрија *Austropotamobius pallipes*

Средња вриједност, стандардне девијације, распон мјерених морфометриских обиљежја као и коефицијент варијације приказани су у табели 31, слика 60, 61. Најтежи мужјак износио је 115,5 g, а женка 24 g, док је најдужи мужјак у узорку 120,0 mm, а најдужа женка 119,9 mm. Већина анализираних карактера су умјерено варијабилни (C.V. 20% - 30%, Табела 31), једино морфометриско обољежје РОЛ и Т код мужјака показује високу варијабилност (C.V. > 30%), Доста морфометриских обољежја спада у ниско варијабилне карактере (C.V. 10% – 20%, Таб. 31), и то: (CLL, CLH, CEF, HEL, HEW, ROW, CGW, CPW, ARW, TEL, TEW, TD). Код мужјака, (чији је коефицијент варијације C.V. < 10 %) стабилни карактери није показао ни једано анализирано морфометриско обољежје. Код женки ни једно мјерено морфометриско обољежје није показало високу варијабилност (C.V. > 30%). такође није било ни стабилних карактера (чији је коефицијент варијације C.V. < 10%) (Табела 31). У ниско варијабилним карактерима (C.V. 10% – 20%,) били су: (CLL, CLH, CEF, HEL, HEW, ROW, CGW, CPW, ARW, ABL, TEL, TEW, TD). У умјерено варијабилне карактере (C.V. 20% – 30%) спадају: (CPL, CFL, CLW, ROL, ARL, CPH, CEW). (Табела 31).

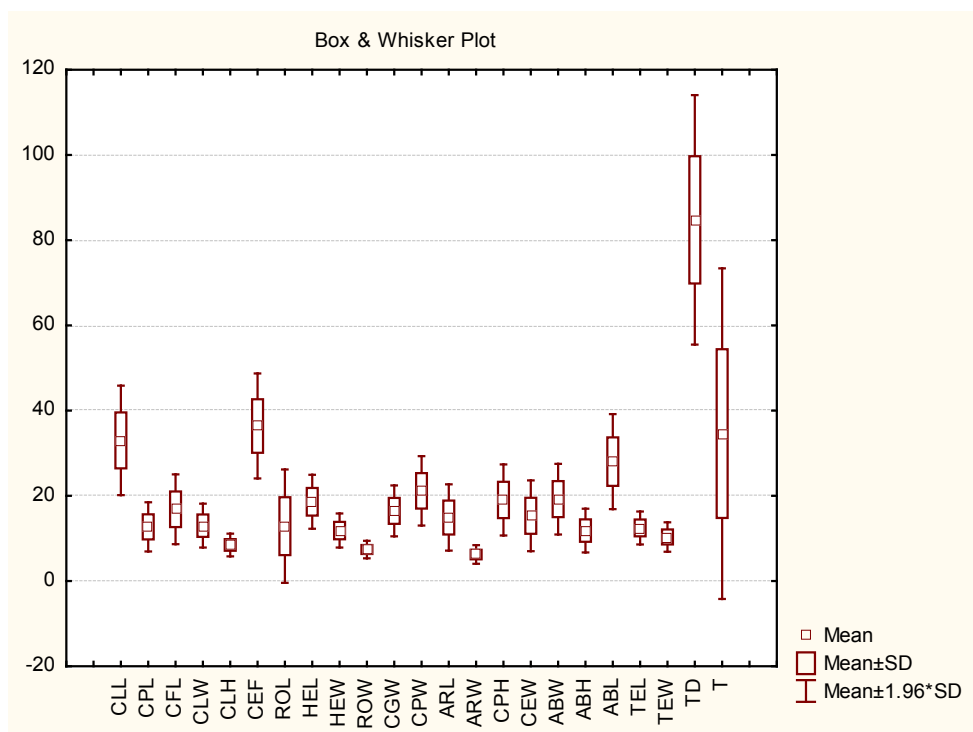
**Табела 31.** Дескриптивна статистика - средње вриједности, стандардне девијације и распони мјерених морфометриских обилежја код мужјака и женки врсте *A. pallipes*

|     | Мужјаци |        |       |       |          |           | Женке |         |       |       |          |           |
|-----|---------|--------|-------|-------|----------|-----------|-------|---------|-------|-------|----------|-----------|
|     | N       | Mean   | Min   | Max   | Std,Dev, | Coef,Var, | N     | Mean    | Min   | Max   | Std,Dev, | Coef,Var, |
| CLL | 113     | 33,026 | 12,22 | 57,93 | 6,54868  | 19,82902  | 49    | 36,2135 | 29,18 | 57,93 | 6,24166  | 17,2358   |
| CPL | 113     | 12,72  | 0,13  | 23,6  | 2,94413  | 23,14519  | 49    | 14,0153 | 10,87 | 23,6  | 3,28181  | 23,4159   |
| CFL | 113     | 16,854 | 9,25  | 29,67 | 4,17338  | 24,76184  | 49    | 18,8425 | 10,65 | 29,67 | 3,97318  | 21,0863   |
| CLW | 113     | 13,023 | 9,05  | 25,02 | 2,62869  | 20,18569  | 49    | 14,0051 | 10,31 | 25,02 | 3,13423  | 22,3792   |
| CLH | 113     | 8,4787 | 5,87  | 12,77 | 1,36186  | 16,06213  | 49    | 8,7598  | 6,48  | 12,77 | 1,41774  | 16,1847   |
| CEF | 122     | 36,4   | 19,54 | 52,4  | 6,28627  | 17,26975  | 52    | 40,195  | 33,3  | 52,4  | 5,36222  | 13,3405   |
| ROL | 122     | 12,899 | 7,04  | 73,5  | 6,79148  | 52,6501   | 52    | 14,3452 | 7,35  | 22,3  | 3,77251  | 26,2981   |
| HEL | 122     | 18,618 | 1,65  | 24,4  | 3,22584  | 17,32681  | 52    | 19,414  | 12,75 | 24,4  | 2,6506   | 13,653    |
| HEW | 122     | 11,86  | 8,68  | 16,8  | 2,03949  | 17,19651  | 52    | 12,6831 | 8,69  | 16,8  | 2,18927  | 17,2613   |
| ROW | 122     | 7,4025 | 5,45  | 12,52 | 1,05181  | 14,20881  | 52    | 7,78596 | 5,45  | 12,52 | 1,26944  | 16,3042   |
| CGW | 122     | 16,491 | 10,84 | 24,02 | 3,04351  | 18,45549  | 52    | 17,2177 | 11,02 | 24,02 | 3,01499  | 17,511    |
| CPW | 122     | 21,177 | 12,47 | 30,05 | 4,15723  | 19,63047  | 52    | 22,3294 | 12,24 | 30,05 | 4,0957   | 18,3422   |
| ARL | 122     | 14,925 | 7,88  | 24,95 | 3,97258  | 26,61679  | 52    | 16,4604 | 7,02  | 24,95 | 3,72278  | 22,6166   |
| ARW | 122     | 6,2402 | 3,39  | 9,32  | 1,11585  | 17,88176  | 52    | 6,25962 | 4,11  | 8,45  | 1,10972  | 17,7282   |
| CPH | 122     | 19,055 | 11,59 | 26,93 | 4,25807  | 22,34601  | 52    | 18,4992 | 11,59 | 26,93 | 4,71065  | 25,4641   |
| CEW | 122     | 15,33  | 9,52  | 24,7  | 4,231    | 27,5999   | 52    | 15,249  | 9,61  | 24,7  | 4,53566  | 29,7439   |
| ABW | 122     | 19,238 | 11,02 | 28,73 | 4,22722  | 21,97344  | 52    | 18,1339 | 11,02 | 28,33 | 4,27047  | 23,5497   |
| ABH | 122     | 11,858 | 6,96  | 18,7  | 2,61952  | 22,09011  | 52    | 11,3017 | 0     | 18,7  | 2,9764   | 26,3358   |
| ABL | 122     | 28,041 | 16,85 | 37,51 | 5,68998  | 20,29179  | 52    | 27,4573 | 17,98 | 37,05 | 5,44675  | 19,8372   |
| TEL | 122     | 12,482 | 9,46  | 16,17 | 1,97211  | 15,79946  | 52    | 12,3515 | 9,46  | 16,17 | 2,01202  | 16,2896   |
| TEW | 122     | 10,354 | 6,5   | 13,87 | 1,76423  | 17,03938  | 52    | 10,3019 | 6,5   | 13,87 | 1,83579  | 17,8199   |
| TD  | 122     | 84,78  | 53,5  | 120   | 14,9395  | 17,62142  | 52    | 93,4212 | 72    | 120,8 | 10,3235  | 11,0505   |
| T   | 122     | 34,61  | 8,8   | 115,5 | 19,79954 | 57,20784  | 52    | 45,9269 | 15,9  | 115,5 | 21,3483  | 46,4832   |





Слика 60. Варијабилност анализираних морфометрских обиљежја код женки врсте *A. pallipes*



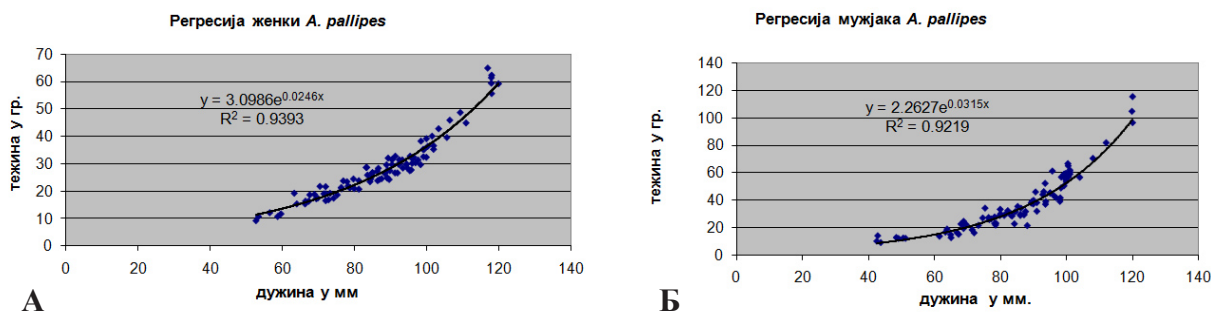
Слика 61. Варијабилност анализираних морфометрских обиљежја код мужјака врсте *A. pallipes*

Резултати Т-теста за 23 мјерена морфометриска обиљежја показали су да се мужјаци и женке врсте *A. pallipes* у доњем току ријеке Зете статистички значајно разликују по ROL, CPH, ABW, TEL, T , (Табела 32).

**Табела 32.** Резултат Т-теста *A. pallipes* (звјездицом су означене статистички значајне разлике )

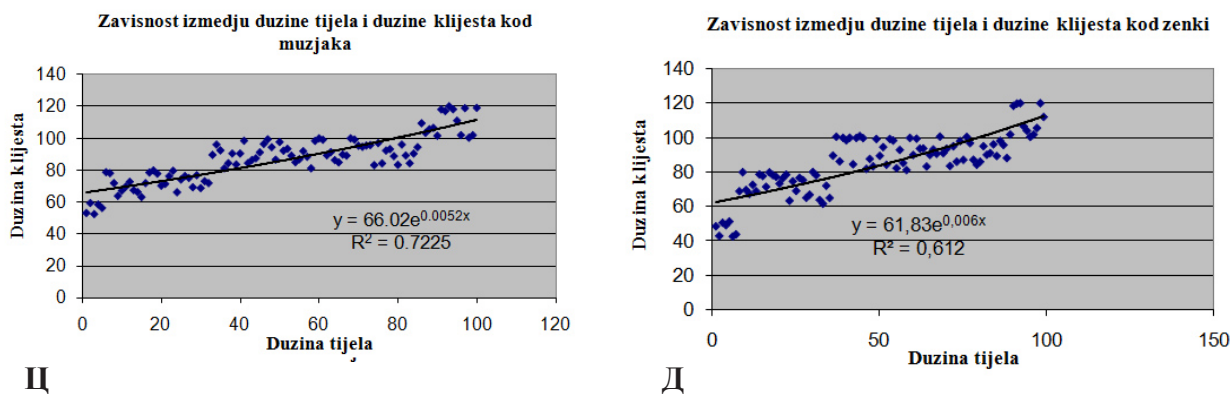
|            | Mean - m | Mean - f | t-value  | df  | p         |
|------------|----------|----------|----------|-----|-----------|
| <b>CLL</b> | 1.026366 | 1.006581 | 0.68372  | 160 | 0.495140  |
| <b>CPL</b> | 2.639023 | 2.639179 | -0.00201 | 160 | 0.998397  |
| <b>CFL</b> | 2.037015 | 1.960209 | 1.19927  | 160 | 0.232197  |
| <b>CLW</b> | 2.605445 | 2.629430 | -0.28894 | 160 | 0.773003  |
| <b>CLH</b> | 4.052594 | 4.191284 | -0.79715 | 160 | 0.426548  |
| <b>CEF</b> | 0.930448 | 0.903772 | 1.02840  | 172 | 0.305208  |
| <b>ROL</b> | 2.861294 | 2.592824 | 2.10712  | 172 | 0.036557* |
| <b>HEL</b> | 1.853284 | 1.852090 | 0.01299  | 172 | 0.989651  |
| <b>HEW</b> | 2.849623 | 2.859914 | -0.14564 | 172 | 0.884380  |
| <b>ROW</b> | 4.611743 | 4.701685 | -0.54185 | 172 | 0.588620  |
| <b>CGW</b> | 2.053362 | 2.120561 | -1.22182 | 172 | 0.223447  |
| <b>CPW</b> | 1.596702 | 1.636108 | -1.10839 | 172 | 0.269241  |
| <b>ARL</b> | 2.313446 | 2.239136 | 1.31874  | 172 | 0.189009  |
| <b>ARW</b> | 5.547234 | 5.950618 | -1.64805 | 172 | 0.101168  |
| <b>CPH</b> | 1.868708 | 2.076933 | -2.01364 | 172 | 0.045606* |
| <b>CEW</b> | 2.383997 | 2.565165 | -1.26294 | 172 | 0.208321  |
| <b>ABW</b> | 1.849694 | 2.099967 | -2.46707 | 172 | 0.014602* |
| <b>ABH</b> | 2.994353 | 3.258396 | -1.71289 | 171 | 0.088545  |
| <b>ABL</b> | 1.260691 | 1.360064 | -1.56098 | 172 | 0.120366  |
| <b>TEL</b> | 2.762339 | 3.408201 | -2.11680 | 172 | 0.035715* |
| <b>TEW</b> | 3.353339 | 3.600200 | -1.63861 | 172 | 0.103122  |
| <b>TD</b>  | 0.407249 | 0.388629 | 1.16951  | 172 | 0.243818  |
| <b>T</b>   | 1.261673 | 0.919722 | 3.23090  | 172 | 0.001479* |

Такође утврђена је позитивна и статистички значајна корелација између укупне дужине тијела и тежине мужјака ( $r = 0,92$ ) и женки ( $r = 0,93$ ) (Слика 62).



Слика 62. Регресија врсте *A. pallipes* између дужине и тежине тијела.  
А - женке, Б - мужјаци

Урадили смо и корелацију између дужине тијела и дужине клијешта код мужјака и женки (слика 63), видимо да постоји позитивна корелација што значи да дужину тијела прати раст клијешта. Коefицијент корелације код женки је  $r = 0,61$ , а код мужјака је  $r = 0,72$



Слика 63. Ц - Зависност између дужине тијела и дужине клијешта код мужјака врсте *A. pallipes*  
Д - Зависност између дужине тијела и дужине клијешта код женки врсте *A. pallipes*

## 6.4. Врста *Astacus astacus*

### 6.4.1. Физичко – хемијски параметри истраживаних вода

Надморска висина екосистема у којима је нађена врста *A. astacus* је од 600-730 мнв. Ширина корита горњег тока ријеке Зете варира од 7-25 м. Дубина воде у ријечи од 0.2 - 5 м, док у акумулацијама од 0.95 па до 7 м. Вегетација обале присутна је код свих екосистем од 50-80 % . Средња вриједност температуре воде била је до 15,9 °C. Засићеност воде кисеоником висока (105,9 – 109,2 mg/dm<sup>3</sup>), а вриједност ВРК<sub>5</sub> око 2 mg/dm<sup>3</sup> . (Табела 33). Растворени кисеоник изнад 10 mg/dm<sup>3</sup>, гдје сви ови параметри указују да је ријеч о природно чистим водама, што потврђује и само присуство врсте *A. astacus*

**Табела 33.** Средње вриједности параметара за физичко-хемијску анализу воде горњег тока ријеке Зете

| Локалитети                                       | Зета    | Крупац | Слано  | Ливеровићи |
|--|---------|--------|--------|------------|
| Над. Висина, ( m)                                | 600-630 | 620    | 621    | 732        |
| Ширина корита, (m)                               | 7-25    | -      | -      | -          |
| Дубина воде,(m)                                  | 0,2-5   | 6,2    | 7.2    | 0,95       |
| Шљунак, %  | 55      | 60     | 70     | -          |
| Муљ, %   | 15      | 20     | 10     | 80         |
| Детритус, %                                      | 30      | 20     | 20     | 20         |
| Брзина, m <sup>3</sup> /s                        | 50      | -      | -      | -          |
| Вегетација, %                                    | 70      | 70-80  | 80     | 50         |
| Агрикултура, %                                   | 70-100  | -      | -      | 30         |
| Темп.воде, ( °C)                                 | 10,2    | 15,3   | 15.5   | 15,9       |
| Засићени O <sub>2</sub> (mg/ dm <sup>3</sup> )   | 109,20  | 105,9  | 108.29 | 106,38     |
| Нитрити ,( mg/ dm <sup>3</sup> )                 | 0,00    | 0,00   | 0.00   | 0,00       |
| Нитрати ,( mg/ dm <sup>3</sup> )                 | 0,25    | 0,35   | 0.27   | 0,26       |
| pH,  | 8,07    | 8,17   | 8,11   | 8,0        |
| Растворени O <sub>2</sub> (mg/ dm <sup>3</sup> ) | 11,89   | 10,48  | 10.57  | 10,38      |
| Амонијак ,( mg/ dm <sup>3</sup> )                | 0,00    | 0,00   | 0.00   | 0,00       |
| ВРК <sub>5</sub> (mg/ dm <sup>3</sup> )          | 1,94    | 2,27   | 1.93   | 1,88       |
| Тврдоћа воде, ° dH                               | 8,13    | 8,06   | 8.13   | 7,91       |

### 6.4.2. Узрасна структура *Astacus astacus*

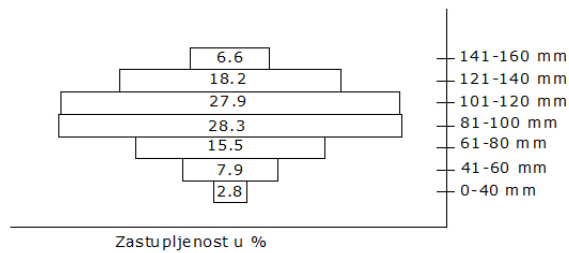
На уздужном профилу ријечног тока ријеке Зете запажа се велико варирање бројности ове врсте. Највећа бројност је утврђена у средишњем дијелу и то на локалитету Капино поље. Анализа структуре по дужинским групама показује да, без обзира са којом су техником узорци сакупљени, углавном одсуствују мање, односно млађе групе (Табела 34). Нису ловљени ракови већи од 160 мм, а мали број је нађен ( 6.6%) у дужинској групи од 141-160 мм. У групи од 121-140 мм евидентирани број јединки био је око 14 %. Највећа заступљеност ракова била је у дужинским групама од 81-120 мм

**Табела 34.** Процентуална заступљеност врсте *A. astacus* по дужини тијела и средња вриједност тежине тијела у истраживаним екосистемима

| Локалитети        |                                | Дужинске групе мм |       |       |        |         |         |         | Укупан број |
|-------------------|--------------------------------|-------------------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|-------------|
|                   |                                | 0-40              | 41-60 | 61-80 | 81-100 | 101-120 | 121-140 | 141-160 |             |
| Зета Капино поље  | N (број јединки)               | -                 | 45    | 92    | 100    | 270     | 120     | 18      | 645         |
|                   | % заступљености                | -                 | 6,9   | 14,3  | 15,5   | 41,9    | 18,6    | 2,8     |             |
|                   | средња вриј, тежине тијела (g) | -                 | 3,52  | 10,5  | 20,4   | 44,7    | 73,5    | 118,3   |             |
| Зета Раствовац    | N (број јединки)               | 3                 | 13    | 38    | 95     | 76      | 68      | 24      | 317         |
|                   | % заступљености                | 0,94              | 4,1   | 11,9  | 29,9   | 23,9    | 21,4    | 7,6     |             |
|                   | средња вриј, тежине тијела (g) | 0,6               | 3,71  | 10,8  | 20,3   | 40,9    | 60,4    | 116,8   |             |
| Зета Брезов. мост | N (број јединки)               | 19                | 27    | 52    | 71     | 51      | 50      | -       | 270         |
|                   | % заступљености                | 7,1               | 10    | 19,2  | 26,3   | 18,9    | 18,5    | -       |             |
|                   | средња вриј, тежине тијела (g) | 0,21              | 3,34  | 11,5  | 22,5   | 41,6    | 63,1    | -       |             |
| Зета Мокра нјива  | N (број јединки)               | 1                 | 29    | 76    | 81     | 72      | 12      | 6       | 277         |
|                   | % заступљености                | 0,4               | 10,5  | 27,4  | 29,2   | 25,9    | 4,3     | 2,1     |             |
|                   | средња вриј, тежине тијела (g) | 0,7               | 3,95  | 10,9  | 20,7   | 40,8    | 71,7    | 107,3   |             |
| Зета Глибавац     | N (број јединки)               | -                 | -     | 13    | 61     | 52      | 38      | -       | 164         |
|                   | % заступљености                | -                 | -     | 7,9   | 31,2   | 31,7    | 23,1    | -       |             |
|                   | средња вриј, тежине тијела (g) | -                 | -     | 11,5  | 21,9   | 41,1    | 70,9    | -       |             |

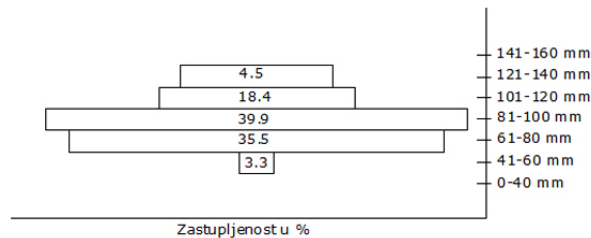
|                   |                                   |   |      |      |      |      |      |       |     |
|-------------------|-----------------------------------|---|------|------|------|------|------|-------|-----|
| Зета<br>Дукло     | N (број јединки)                  | - | -    | 26   | 79   | 53   | 49   | 3     | 210 |
|                   | % заступљености                   | - | -    | 12,4 | 37,6 | 25,2 | 23,3 | 1,4   |     |
|                   | средња вриј,<br>тежине тијела (g) | - | -    | 10,8 | 20,7 | 40,3 | 69,3 | 100,3 |     |
| Ливеро-<br>вићи 1 | N (број јединки)                  | - | 7    | 120  | 44   | 31   | 11   | -     | 213 |
|                   | % заступљености                   | - | 3,3  | 56,3 | 20,6 | 14,5 | 5,2  | -     |     |
|                   | средња вриј,<br>тежине тијела (g) | - | 3,85 | 11,7 | 21,6 | 40,9 | 70,1 | -     |     |
| Ливеро-<br>вићи 2 | N (број јединки)                  | - | -    | 4    | 16   | 6    | 1    | -     | 27  |
|                   | % заступљености                   | - | -    | 14,8 | 59,2 | 22,2 | 3,7  | -     |     |
|                   | средња вриј,<br>тежине тијела (g) | - | -    | 11,3 | 22,6 | 41,7 | 69,9 | -     |     |
| Крупац 1          | N (број јединки)                  | - | 8    | 43   | 53   | 30   | 25   | 5     | 164 |
|                   | % заступљености                   | - | 4,8  | 26,2 | 32,3 | 18,3 | 15,2 | 3     |     |
|                   | средња вриј,<br>тежине тијела (g) | - | 3,7  | 10,4 | 22,3 | 40,2 | 68,3 | 103,7 |     |
| Крупац 2          | N (број јединки)                  | - | -    | 9    | 10   | 3    | 2    | -     | 24  |
|                   | % заступљености                   | - | -    | 37,5 | 41,6 | 12,5 | 8,3  | -     |     |
|                   | средња вриј,<br>тежине тијела (g) | - | -    | 16,3 | 31,2 | 43,7 | 72,6 | -     |     |
| Славо 1           | N (број јединки)                  | - | 3    | 16   | 39   | 23   | 19   | 7     | 107 |
|                   | % заступљености                   | - | 2,8  | 14,9 | 36,4 | 21,5 | 17,7 | 6,5   |     |
|                   | средња вриј,<br>тежине тијела (g) | - | 3,9  | 10,3 | 23,1 | 41,9 | 70,2 | 109,2 |     |
| Славо 2           | N (број јединки)                  | - | 1    | 18   | 37   | 16   | 7    | 1     | 80  |
|                   | % заступљености                   | - | 1,2  | 22,5 | 46,2 | 20   | 8,7  | 1,2   |     |
|                   | средња вриј,<br>тежине тијела (g) | - | 3,01 | 11,7 | 21,3 | 40,6 | 69,9 | 106,5 |     |

На слици 64 приказана је процентуална заступљеност врста *A. astacus* на шест локалитета у горњем току ријеке Зете. Види се да је највећа заступљеност у дужинској групи 81-100 мм око 30%, док је великих јединки било свега 6,6 % дужинске групе 141-160 мм. У узорку из ријеке било је 2,8 % малих ракова дужонске групе до 40 мм (Слика 60).

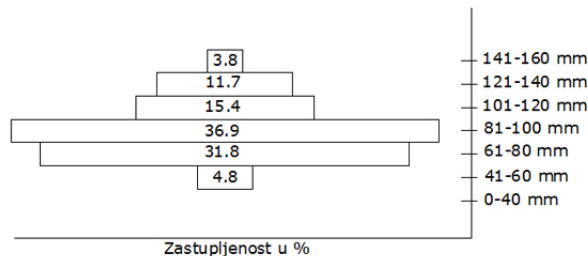


**Слика 64.** Процентуална заступљеност врсте *A. astacus* појединих дужинских група на ријеци Зети на 6 локалитета

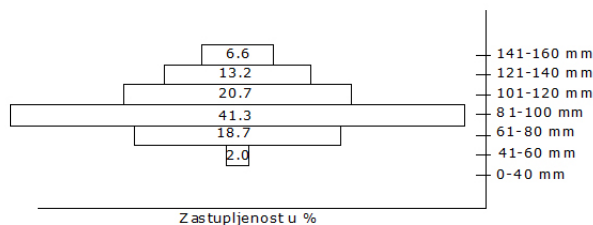
У свим истраживаним екосистемима најзаступљенија је била дужинска група од 81-100 мм око 40 %. Ни у једној од три акумулације нису ловљени ракови мањи од 40 мм. (Слике 65,66,67).



**Слика 65.** Процентуална заступљеност врсте *A. astacus* појединих дужинских група у акумулацији Ливеровићи на 2 локалитета



**Слика 66.** Процентуална заступљеност врсте *A. astacus* појединих дужинских група у акумулацији Крупац на 2 локалитета



**Слика 67.** Процентуална заступљеност врсте *A. astacus* појединих дужинских група у акумулацији Слано на 2 локалитета

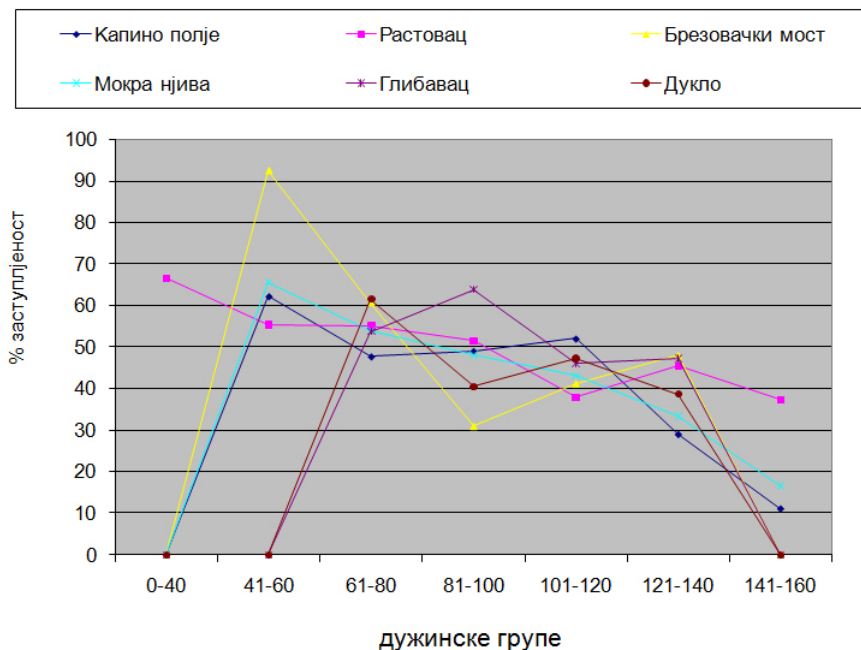


6.4.3. Полна структура врсте *Astacus astacus*

Полна структура код врсте *A. astacus* показује опет да су женке бројније у мањим дужинским групама (Табела 35).

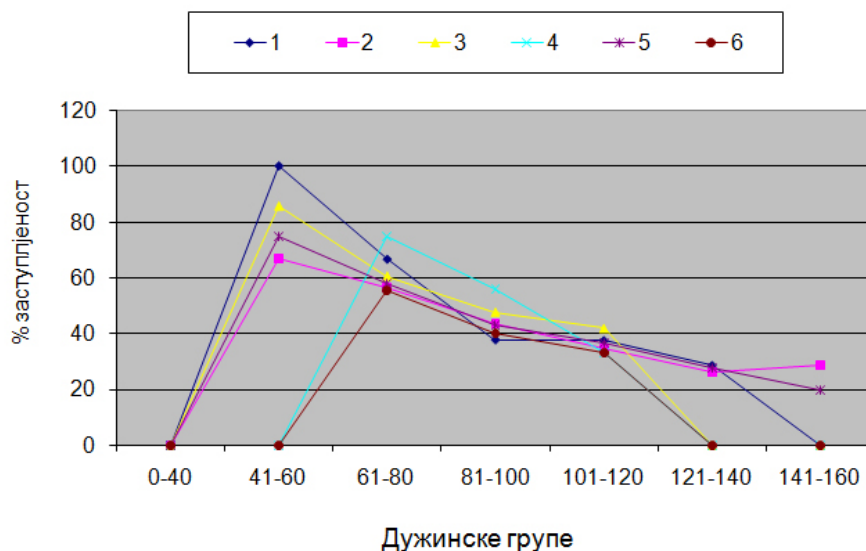
**Табела 35.** Процентуална заступљеност мужјака и женки по дужинским групама врсте *A. astacus*

| Локалитети            | Дужинске групе мм |      |       |       |        |         |         |         | Укупно % |
|-----------------------|-------------------|------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|----------|
|                       | пол               | 0-40 | 41-60 | 61-80 | 81-100 | 101-120 | 121-140 | 141-160 |          |
| Зета - Капино поље    | ♀                 | -    | 62,2  | 47,7  | 49,0   | 52,0    | 29,0    | 11,1    | 44,8     |
|                       | ♂                 | -    | 37,7  | 52,2  | 51,0   | 48,0    | 71,0    | 88,8    | 55,2     |
| Зета - Растовац       | ♀                 | 66,6 | 46,1  | 55,2  | 51,6   | 38,1    | 45,5    | 37,5    | 46,4     |
|                       | ♂                 | 33,3 | 53,8  | 44,7  | 48,4   | 61,8    | 54,4    | 62,5    | 53,6     |
| Зета –Брезовачки мост | ♀                 | 52,6 | 48,1  | 61,5  | 30,9   | 41,2    | 48,0    | -       | 45,2     |
|                       | ♂                 | 47,3 | 51,8  | 38,4  | 69,1   | 58,8    | 52,0    | 100     | 54,8     |
| Зета – Мокра њива     | ♀                 | -    | 65,5  | 53,9  | 48,1   | 43,1    | 33,3    | 16,6    | 48,4     |
|                       | ♂                 | 100  | 34,4  | 46,1  | 51,8   | 56,9    | 66,6    | 83,3    | 51,6     |
| Зета - Глибавац       | ♀                 | -    | -     | 53,8  | 63,9   | 46,1    | 47,3    | -       | 53,6     |
|                       | ♂                 | -    | -     | 46,1  | 36,1   | 53,8    | 52,6    | -       | 46,3     |
| Зета - Дукло          | ♀                 | -    | -     | 61,5  | 40,5   | 47,2    | 38,7    | -       | 43,8     |
|                       | ♂                 | -    | -     | 38,4  | 59,5   | 52,8    | 61,2    | 100     | 56,2     |
| Слано - 1             | ♀                 | -    | 100   | 66,6  | 37,8   | 37,5    | 28,6    | -       | 43,7     |
|                       | ♂                 | -    | -     | 33,3  | 62,2   | 62,5    | 71,4    | 100     | 56,2     |
| Слано - 2             | ♀                 |      | 66,6  | 56,2  | 43,5   | 34,7    | 26,3    | 28,5    | 40,2     |
|                       | ♂                 | -    | 33,3  | 43,7  | 56,4   | 65,2    | 73,6    | 71,5    | 59,8     |
| Ливеровићи - 1        | ♀                 | -    | 85,7  | 60,6  | 47,7   | 41,9    | -       | -       | 52,5     |
|                       | ♂                 | -    | 14,3  | 39,4  | 52,2   | 58,1    | 100     | -       | 47,5     |
| Ливеровићи - 2        | ♀                 | -    | -     | 75,0  | 56,2   | 33,3    | -       | -       | 51,8     |
|                       | ♂                 | -    | -     | 25,0  | 43,7   | 66,6    | 100     | -       | 48,1     |
| Крупац - 1            | ♀                 |      | 75,0  | 58,1  | 43,3   | 36,6    | 28,0    | 20-0    | 44,5     |
|                       | ♂                 |      | 25,0  | 41,8  | 56,6   | 63,3    | 72,0    | 80,0    | 55,5     |
| Крупац - 2            | ♀                 | -    | -     | 55,5  | 40,0   | 33,3    | -       | -       | 41,6     |
|                       | ♂                 | -    |       | 44,4  | 60,0   | 66,6    | 100     | -       | 58,3     |



**Слика 68.** Процентуална заступљеност женки у појединим дужинским групама ријечног рака *A. astacus* на ријечи Зети

У све три акумулације такође имамо процентуалну заступљеност женки много већу у мањим односно нижим дужинским групама него у већим дужинским групама (Слика 69).



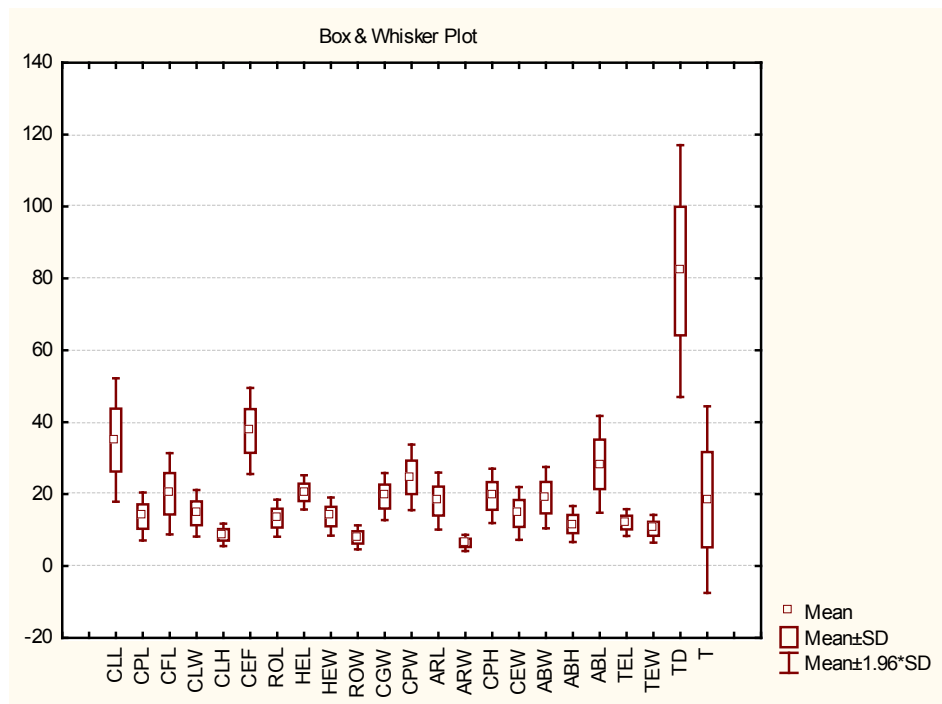
**Слика 69.** Процентуална заступљеност женки у појединим дужинским групама ријечног рака *A. astacus* у акумулацијама Слано, Крупац, Ливеровићи. Легенда : 1-2 Слано, 3-4 Ливеровић, 5-6 Крупац

#### 6.4.4. Морфометрија врсте *Astacus astacus*

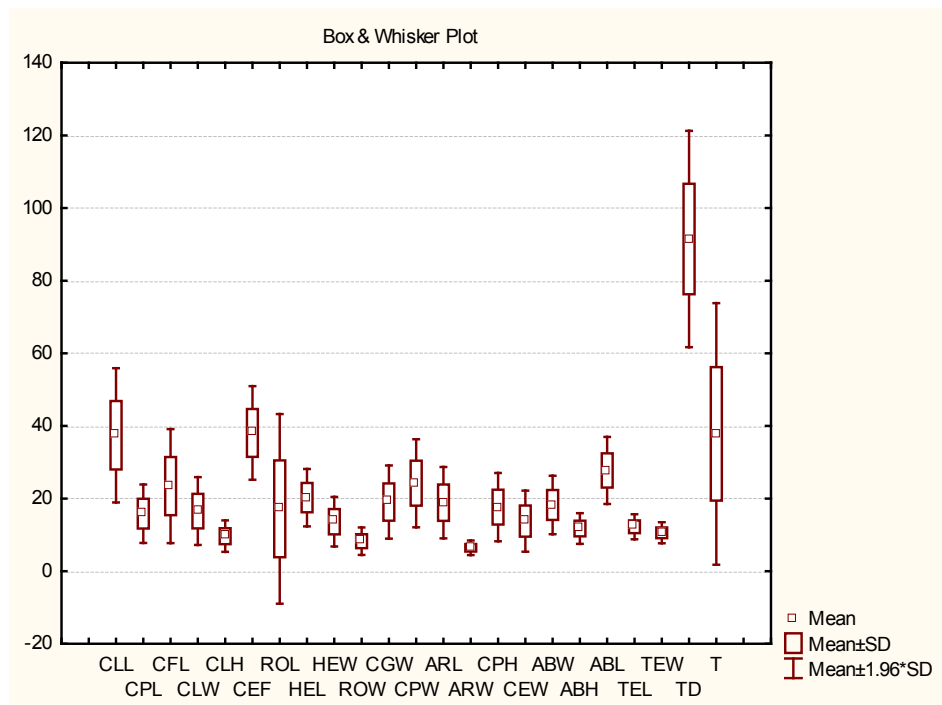
Средња вриједност, стандардне девијације, распон мјерених морфометриских обиљежја као и коефицијент варијације приказани су у табели 36. Најтежи мужјак износио је 74,5 g, а женка 106,6 g, док је најдужи мужјак у узорку 122,0 mm, а најдужа женка 119,4 mm. Десет код мужјака и једанаест код женки мјерених морфометриских обиљежја су умјерено варијабилни (C.V. 20 % – 30 %, Табела 36), једино морфометриско обољежје T ( C.V.= 71,69) код мужјака показује високу варијабилност (C.V. > 30 %) , а код женки CFL,ROL,CEW, T, (Табела 36). Доста морфометриских обољежја спада у ниско варијабилне карактере (C.V. 10% – 20 %, Таб. 36), и то код мужјака: (CLH, CEF, ROL, HEL, HEW, CGW, CPW, ARW, CPH, TEL, TEW ), а код женки (CEF, HEL, ARW, ABH, ABL, TEL, TEW, TD ). Као стабилни карактери, у узорку мужјака и женки (чији је коефицијент варијације C.V. < 10 %) није показао ни један анализирани карактер.

**Табела 36.** Дескриптивна статистика - средње вриједности, стандардне девијације и распони мјерених морфометриских обилежја код мужјака и женки врсте *A. astacus* из Црне Горе

|     | MUŽJACI |         |      |      |         |          | ŽENKE |          |       |       |          |          |
|-----|---------|---------|------|------|---------|----------|-------|----------|-------|-------|----------|----------|
|     | N       | Mean    | Min  | Max  | Std,Dev | Coef,Var | N     | Mean     | Min   | Max   | Std,Dev  | Coef,Var |
| CLL | 124     | 35,0509 | 12,2 | 62   | 8,75468 | 24,9771  | 92    | 37,43043 | 12,22 | 64    | 9,43107  | 25,19627 |
| CPL | 124     | 13,7718 | 2,36 | 23,6 | 3,3991  | 24,6816  | 92    | 15,84239 | 2,35  | 22,9  | 4,10741  | 25,92671 |
| CFL | 124     | 20,1084 | 2,15 | 35,6 | 5,76227 | 28,6561  | 92    | 23,4175  | 9,94  | 37,6  | 8,01103  | 34,20957 |
| CLW | 124     | 14,6669 | 9,91 | 25   | 3,30138 | 22,509   | 92    | 16,54946 | 9     | 27,1  | 4,76516  | 28,79343 |
| CLH | 124     | 8,67226 | 5,87 | 12,9 | 1,59338 | 18,3733  | 92    | 9,64717  | 5,74  | 14,46 | 2,20631  | 22,87005 |
| CEF | 127     | 37,5742 | 24,5 | 58,9 | 6,09852 | 16,2306  | 96    | 38,07219 | 19,54 | 60,9  | 6,57681  | 17,27457 |
| ROL | 127     | 13,3199 | 7,04 | 20,4 | 2,62726 | 19,7243  | 96    | 15,17292 | 7,35  | 72,7  | 6,81381  | 45,34826 |
| HEL | 127     | 20,5007 | 12,7 | 28   | 2,43583 | 11,8817  | 96    | 20,2575  | 2,19  | 29,9  | 4,0299   | 19,8934  |
| HEW | 127     | 13,7707 | 8,69 | 20,4 | 2,69688 | 19,5842  | 96    | 13,63146 | 1,64  | 21,3  | 3,47295  | 25,47748 |
| ROW | 127     | 7,96906 | 5,44 | 13,2 | 1,70233 | 21,3618  | 96    | 8,27125  | 4,4   | 13,52 | 1,93453  | 23,38865 |
| CGW | 127     | 19,3294 | 11,5 | 29,5 | 3,34245 | 17,2921  | 96    | 19,04437 | 10,54 | 31,5  | 5,14053  | 26,9924  |
| CPW | 127     | 24,6632 | 12,4 | 36,6 | 4,64745 | 18,8436  | 96    | 24,22917 | 11,74 | 38,6  | 6,189    | 25,5436  |
| ARL | 127     | 18,0717 | 9,01 | 27,2 | 4,03766 | 22,3424  | 96    | 18,85865 | 7,98  | 33,58 | 5,01506  | 26,59288 |
| ARW | 127     | 6,43031 | 3,27 | 9,42 | 1,14751 | 17,8453  | 96    | 6,44354  | 4,32  | 9,42  | 1,02141  | 15,85168 |
| CPH | 127     | 19,5135 | 11,6 | 31,8 | 3,85837 | 19,7729  | 96    | 17,6349  | 2,42  | 26,9  | 4,79258  | 27,17671 |
| CEW | 127     | 14,6298 | 9,36 | 24,1 | 3,74005 | 25,5647  | 96    | 13,78531 | 1,52  | 23,04 | 4,29079  | 31,12584 |
| ABW | 127     | 19,0209 | 11,1 | 31,6 | 4,35827 | 22,913   | 96    | 18,23604 | 11,02 | 28,69 | 4,11463  | 22,56319 |
| ABH | 127     | 11,6875 | 6,96 | 18,7 | 2,54219 | 21,7514  | 96    | 11,755   | 8,04  | 16,85 | 2,15102  | 18,29874 |
| ABL | 127     | 28,2935 | 16,9 | 47,2 | 6,87173 | 24,2873  | 96    | 27,73854 | 18,12 | 36,69 | 4,71512  | 16,99843 |
| TEL | 127     | 12,1025 | 9,23 | 17,5 | 1,90339 | 15,7272  | 96    | 12,24365 | 9,23  | 16,07 | 1,75434  | 14,32858 |
| TEW | 127     | 10,3773 | 6,5  | 15,4 | 1,95986 | 18,886   | 96    | 10,57302 | 8,01  | 14,04 | 1,47671  | 13,96679 |
| TD  | 127     | 82,048  | 23,5 | 122  | 17,8725 | 21,783   | 95    | 91,48211 | 53    | 119,4 | 15,19644 | 16,61138 |
| T   | 127     | 18,4728 | 1,3  | 74,5 | 13,2437 | 71,693   | 96    | 37,81146 | 10,2  | 106,6 | 18,37957 | 48,60846 |



Слика 70. Варијабилност анализираних морфометриских обиљежја код женки врсте *A. astacus*



Слика 71. Варијабилност анализираних морфометриских обиљежја код женки врсте *A. astacus*

Резултати Т-теста за 23 мјерена морфометриска обиљежја показали су да се мужјаци и женке врсте *A. astacus* статистички значајно разликују у следећим мјереним морфометриским обиљежјама : CPL , CFL, CLW, CLH, ROL, CGW, CPW, CPH, CEW, TD, T, (Табела 37).

**Табела 37.** Резултати Т-теста између мужјака и женки врсте *A. astacus* (звјездицом су означена статистички значајно различита обиљежја)

|     | Mean - m | Mean - f | t-value  | df  | p         | N m | N - f |
|-----|----------|----------|----------|-----|-----------|-----|-------|
| CLL | 1,093996 | 1,156935 | -1,53359 | 214 | 0,126607  | 92  | 124   |
| CPL | 2,604694 | 3,022937 | -2,24869 | 214 | 0,025551* | 92  | 124   |
| CFL | 1,826704 | 2,146622 | -1,97149 | 214 | 0,049956* | 92  | 124   |
| CLW | 2,508881 | 2,721794 | -2,57724 | 214 | 0,010631* | 92  | 124   |
| CLH | 4,219749 | 4,557201 | -2,64041 | 214 | 0,008891* | 92  | 124   |
| CEF | 1,047124 | 1,044796 | 0,08240  | 221 | 0,934406  | 96  | 127   |
| ROL | 2,588602 | 2,970459 | -3,40075 | 221 | 0,000797* | 96  | 127   |
| HEL | 2,004785 | 1,879969 | 1,96363  | 221 | 0,050828  | 96  | 127   |
| HEW | 3,031907 | 2,869404 | 1,52275  | 221 | 0,129251  | 96  | 127   |
| ROW | 4,876027 | 4,960797 | -0,64590 | 221 | 0,519016  | 96  | 127   |
| CGW | 2,138772 | 2,015120 | 2,63018  | 221 | 0,009134* | 96  | 127   |
| CPW | 1,674101 | 1,580515 | 2,72143  | 221 | 0,007018* | 96  | 127   |
| ARL | 2,140081 | 2,177114 | -0,94925 | 221 | 0,343531  | 96  | 127   |
| ARW | 6,217839 | 6,141962 | 0,40618  | 221 | 0,685004  | 96  | 127   |
| CPH | 2,459342 | 2,043630 | 3,18778  | 221 | 0,001641* | 96  | 127   |
| CEW | 3,232598 | 2,789715 | 2,17267  | 221 | 0,030869* | 96  | 127   |
| ABW | 2,269109 | 2,124283 | 1,73637  | 221 | 0,083891  | 96  | 127   |
| ABH | 3,449037 | 3,450729 | -0,01353 | 221 | 0,989221  | 96  | 127   |
| ABL | 1,457381 | 1,436773 | 0,39085  | 221 | 0,696281  | 96  | 127   |
| TEL | 3,262176 | 3,243456 | 0,20000  | 221 | 0,841667  | 96  | 127   |
| TEW | 3,774463 | 3,831006 | -0,47448 | 221 | 0,635628  | 96  | 127   |
| TD  | 0,431198 | 0,500024 | -3,56776 | 221 | 0,000441* | 96  | 127   |
| T   | 1,245449 | 3,713019 | -5,78919 | 221 | 0,000000* | 96  | 127   |

#### 6.4.5. Морфометрија врсте *Astacus astacus* из Србије

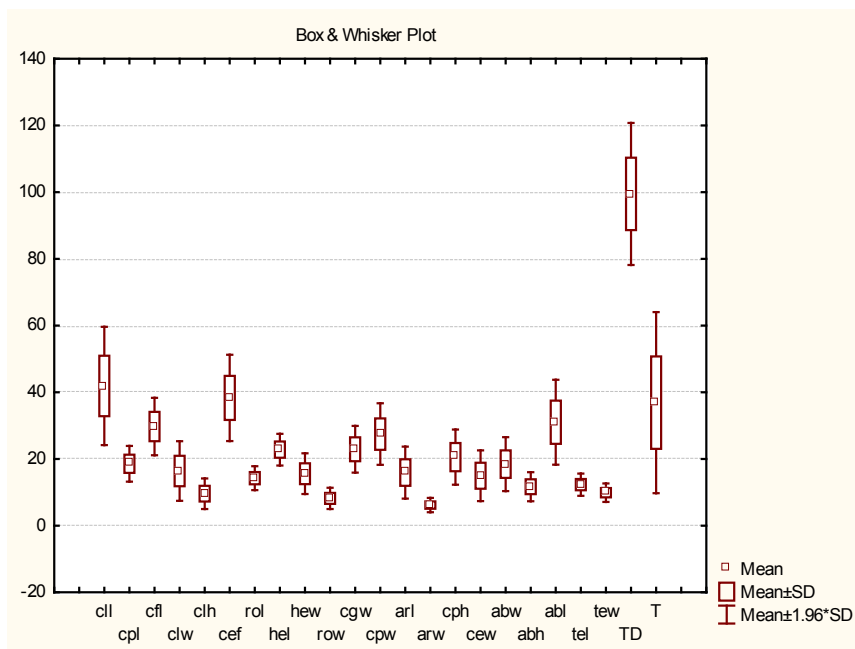
Умјерено варијабилних карактера код мужјака било је седам, а код женки пет. Као стабилан карактер био је један код женки (TD), а код мужјака није ни један. Доста их спада у ниско варијабилне (C.V. 10% -20 %) код мужјака CPL, CFL, CEF,ROL, HEL, HEW, ROW, CGW, CPW, ARW, ABH, TEL, TEW, TD. Код женки CLL, CLW, CLH, CEF, ROL, HEL, HEW, ROW, CGW, CPW, CPH, ABL, TEL, TEW (Табела 38). Најдужи мужјак у узорку имао је дужину 119,4 мм, а најтежи мужјак био је 77,1 g, док је највећа тотална дужина женке била 119,7 mm а тежина 59,1 g.



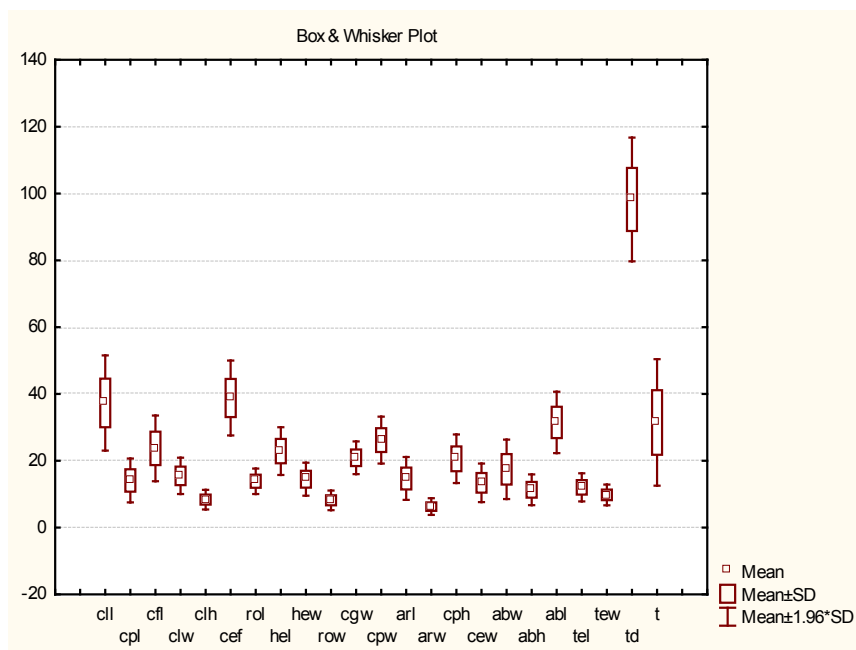
**Табела 38.** Дескриптивна статистика - средње вриједности, стандардне девијације и распони мјерених морфометриских обиљежја код мужјака и женки врсте *A. astacus* из Србије

|     | Мужјаци |          |          |          |          |           | Женке |          |          |          |          |           |
|-----|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|-----------|
|     | N       | Mean     | Min      | Max      | Std.Dev. | Coef.Var. | N     | Mean     | Min      | Max      | Std.Dev. | Coef.Var. |
| CLL | 48      | 41,88542 | 26,80000 | 64,0000  | 9,05137  | 21,60983  | 32    | 37,30625 | 28,70000 | 53,0000  | 7,272304 | 19,49353  |
| CPL | 48      | 18,56688 | 9,20000  | 22,9000  | 2,73467  | 14,72875  | 32    | 14,11469 | 9,77000  | 21,8000  | 3,348962 | 23,72679  |
| CFL | 48      | 29,72813 | 14,60000 | 37,6000  | 4,38883  | 14,76321  | 32    | 23,71250 | 15,70000 | 33,4000  | 5,013514 | 21,14292  |
| CLW | 48      | 16,37771 | 9,00000  | 26,2000  | 4,56423  | 27,86852  | 32    | 15,50000 | 11,70000 | 22,4000  | 2,767904 | 17,85744  |
| CLH | 48      | 9,58542  | 5,74000  | 14,4000  | 2,34067  | 24,41910  | 32    | 8,37813  | 6,13000  | 12,8000  | 1,496966 | 17,86755  |
| CEF | 48      | 38,31458 | 28,50000 | 60,9000  | 6,60290  | 17,23339  | 32    | 38,79063 | 29,80000 | 51,1000  | 5,720217 | 14,74639  |
| ROL | 48      | 14,23750 | 10,50000 | 17,8000  | 1,83113  | 12,86131  | 32    | 13,87813 | 8,60000  | 17,8000  | 1,946500 | 14,02567  |
| HEL | 48      | 22,79583 | 16,80000 | 29,9000  | 2,42460  | 10,63617  | 32    | 22,89375 | 17,80000 | 29,8000  | 3,641334 | 15,90536  |
| HEW | 48      | 15,58333 | 10,40000 | 21,3000  | 3,11942  | 20,01767  | 32    | 14,49375 | 10,50000 | 20,3000  | 2,511642 | 17,32914  |
| ROW | 48      | 8,17958  | 4,40000  | 11,1000  | 1,63309  | 19,96546  | 32    | 8,17281  | 5,90000  | 10,7000  | 1,499476 | 18,34712  |
| CGW | 48      | 22,90208 | 14,80000 | 31,5000  | 3,57607  | 15,61462  | 32    | 20,90313 | 16,70000 | 26,3000  | 2,490431 | 11,91416  |
| CPW | 48      | 27,45625 | 17,10000 | 38,6000  | 4,71087  | 17,15773  | 32    | 26,20000 | 21,00000 | 33,8000  | 3,574642 | 13,64367  |
| ARL | 48      | 15,91917 | 9,84000  | 27,1700  | 3,97798  | 24,98863  | 32    | 14,71500 | 9,45000  | 22,7600  | 3,266187 | 22,19631  |
| ARW | 48      | 6,17021  | 3,27000  | 8,4500   | 1,08770  | 17,62819  | 32    | 6,29750  | 3,80000  | 8,6900   | 1,269346 | 20,15634  |
| CPH | 48      | 20,55125 | 12,06000 | 31,8000  | 4,21441  | 20,50681  | 32    | 20,60219 | 14,41000 | 26,9300  | 3,707420 | 17,99528  |
| CEW | 48      | 14,96917 | 9,26000  | 24,0800  | 3,87870  | 25,91125  | 32    | 13,40406 | 9,22000  | 20,8300  | 2,941288 | 21,94326  |
| ABW | 48      | 18,43208 | 11,03000 | 25,5700  | 4,12443  | 22,37639  | 32    | 17,44469 | 10,12000 | 29,7700  | 4,544860 | 26,05297  |
| ABH | 48      | 11,66500 | 7,45000  | 16,5000  | 2,22506  | 19,07466  | 32    | 11,32125 | 8,16000  | 17,6900  | 2,351524 | 20,77088  |
| ABL | 48      | 31,01396 | 18,33000 | 43,5000  | 6,48669  | 20,91537  | 32    | 31,48563 | 21,58000 | 42,8400  | 4,688979 | 14,89244  |
| TEL | 48      | 12,29042 | 9,23000  | 16,1700  | 1,69850  | 13,81970  | 32    | 12,06094 | 9,50000  | 17,4700  | 2,153565 | 17,85570  |
| TEW | 48      | 9,87979  | 6,50000  | 13,4200  | 1,41241  | 14,29593  | 32    | 9,79250  | 7,67000  | 13,9400  | 1,580382 | 16,13870  |
| TD  | 48      | 99,48333 | 69,90000 | 119,4000 | 10,86821 | 10,92466  | 32    | 98,22188 | 83,90000 | 119,7000 | 9,437869 | 9,60872   |
| T   | 48      | 36,87979 | 10,20000 | 77,1000  | 13,85370 | 37,56449  | 32    | 31,47313 | 16,80000 | 59,1000  | 9,658118 | 30,68687  |

На сликама 72, 73 графичи су приказане средња вриједност, стандарна девијација као и распони свим 23 мјерена морфометриска обиљежја.



Слика 72. Варијабилност анализираних морфометриских обиљежја код мужјака врсте *A. astacus* из Србије



Слика 73. Варијабилност анализираних морфометриских обиљежја код женки врсте *A. astacus* из Србије

Резултат Т-теста показује да се мужјаци и женке врсте *A. astacus* статистички разликују само у неколико мјерених морфометриских обиљежја, и то у величини клијешта дебљини карапакса, као и дужини роstrума.(Табела 39).

**Табела 39.** Резултати Т-теста између мужјака и женки врсте *A. astacus* из Србије (звјездицом су означена статистички значајно различита обиљежја)

|     | Mean - m | Mean - f | t-value  | df | p         | N - m | N - f |
|-----|----------|----------|----------|----|-----------|-------|-------|
| CLL | 1,021781 | 1,071110 | -0,93255 | 78 | 0,353929  | 48    | 32    |
| CPL | 2,277913 | 2,877950 | -4,55759 | 78 | 0,000019* | 48    | 32    |
| CFL | 1,424197 | 1,707477 | -3,34009 | 78 | 0,001287* | 48    | 32    |
| CLW | 2,670238 | 2,561102 | 0,81219  | 78 | 0,419156  | 48    | 32    |
| CLH | 4,292182 | 4,745835 | -1,72971 | 78 | 0,087638  | 48    | 32    |
| CEF | 1,098300 | 1,021475 | 1,68414  | 78 | 0,096153  | 48    | 32    |
| ROL | 2,781475 | 2,509951 | 2,27826  | 78 | 0,025448* | 48    | 32    |
| HEL | 1,795591 | 1,890368 | -1,76877 | 78 | 0,080841  | 48    | 32    |
| HEW | 2,713205 | 2,640485 | 0,61215  | 78 | 0,542218  | 48    | 32    |
| ROW | 5,024914 | 4,729157 | 1,02691  | 78 | 0,307639  | 48    | 32    |
| CGW | 1,750961 | 1,806213 | -0,69141 | 78 | 0,491359  | 48    | 32    |
| CPW | 1,524894 | 1,496501 | 0,41407  | 78 | 0,679962  | 48    | 32    |
| ARL | 2,288039 | 2,228818 | 0,77307  | 78 | 0,441819  | 48    | 32    |
| ARW | 6,549533 | 6,254829 | 0,91418  | 78 | 0,363438  | 48    | 32    |
| CPH | 2,482211 | 2,066173 | 3,10172  | 78 | 0,027397* | 48    | 32    |
| CEW | 2,734212 | 2,734976 | -0,00409 | 78 | 0,996746  | 48    | 32    |
| ABW | 2,175023 | 2,239181 | -0,47348 | 78 | 0,637191  | 48    | 32    |
| ABH | 3,514077 | 3,534213 | -0,10056 | 78 | 0,920161  | 48    | 32    |
| ABL | 1,410117 | 1,434648 | -0,28213 | 78 | 0,778589  | 48    | 32    |
| TEL | 3,358395 | 3,346160 | 0,08404  | 78 | 0,933244  | 48    | 32    |
| TEW | 3,964547 | 3,941922 | 0,11265  | 78 | 0,910599  | 48    | 32    |
| TD  | 0,417759 | 0,396778 | 1,60841  | 78 | 0,111786  | 48    | 32    |
| T   | 1,277709 | 1,341052 | -0,51597 | 78 | 0,607337  | 48    | 32    |

Урадили смо и анализу варијансе (ANOVA) засебно за мужјаке и женке врсте *A. astacus* са простора Србије и Црне Горе да би смо видјели да ли постоје разлике између популација (Табела 40). Разлике између популација Србије и Црне Горе код мужјака је у величини клијешта CPL, CFL, HEL, HEW, CGW, CPW и ARL. (Табела 40). Као post-hoc тест смо користили Tukey -тест стварне значајности (Прилог 2).

**Табела 40.** Анализа варијансе код мужјака врсте *A. astacus* из Србије и Црне Горе (звјездицом су означени статистички значајни различити морфометриски параметри,  $p < 0.05$ )

|     | df | df - | F        | P         |
|-----|----|------|----------|-----------|
| CLL | 1  | 138  | 1,71127  | 0,192995  |
| CPL | 1  | 138  | 6,92793  | 0,009452* |
| CFL | 1  | 138  | 21,24975 | 0,000009* |
| CLW | 1  | 138  | 1,66256  | 0,199415  |
| CLH | 1  | 138  | 0,23712  | 0,627068  |
| CEF | 1  | 142  | 2,31845  | 0,130071  |
| ROL | 1  | 142  | 1,37855  | 0,242314  |
| HEL | 1  | 142  | 3,97017  | 0,048230* |
| HEW | 1  | 142  | 4,06647  | 0,045628* |
| ROW | 1  | 142  | 0,62663  | 0,429913  |
| CGW | 1  | 142  | 24,43030 | 0,000002* |
| CPW | 1  | 142  | 5,35789  | 0,022062* |
| ARL | 1  | 142  | 5,82804  | 0,017046* |
| ARW | 1  | 142  | 1,86140  | 0,174621  |
| CPH | 1  | 142  | 2,98660  | 0,086130  |
| CEW | 1  | 142  | 1,96915  | 0,162722  |
| ABW | 1  | 142  | 0,31533  | 0,575316  |
| ABH | 1  | 142  | 0,43251  | 0,511824  |
| ABL | 1  | 142  | 0,17111  | 0,679751  |
| TEL | 1  | 142  | 1,05915  | 0,305159  |
| TEW | 1  | 142  | 1,97549  | 0,162051  |
| TD  | 1  | 142  | 0,76995  | 0,381715  |
| T   | 1  | 142  | 0,14666  | 0,702319  |

Код женки статистички значајну разлику између популација показали су: ROL, CGW, као и TD, T . (Табела 41.) (Прилог2)

**Табела 41.** Анализа варијансе код женки врсте *A. astacus* из Србије и Црне Горе (звјездицом су означене статистички значајне разлике у морфометрским параметрима,  $p < 0,05$ )

|     | df - | df - | F        | P         |
|-----|------|------|----------|-----------|
| CLL | 1    | 122  | 2,05072  | 0,154691  |
| CPL | 1    | 122  | 0,49936  | 0,481127  |
| CFL | 1    | 122  | 1,72329  | 0,191735  |
| CLW | 1    | 122  | 2,34210  | 0,128509  |
| CLH | 1    | 122  | 0,04094  | 0,839983  |
| CEF | 1    | 123  | 1,38098  | 0,242205  |
| ROL | 1    | 123  | 21,66150 | 0,000008* |
| HEL | 1    | 123  | 0,20770  | 0,649381  |
| HEW | 1    | 123  | 2,88235  | 0,092084  |
| ROW | 1    | 123  | 2,11415  | 0,148490  |
| CGW | 1    | 123  | 11,75309 | 0,000827* |
| CPW | 1    | 123  | 1,92001  | 0,168363  |
| ARL | 1    | 123  | 3,22186  | 0,075117  |
| ARW | 1    | 123  | 1,11599  | 0,292855  |
| CPH | 1    | 123  | 0,51643  | 0,473731  |
| CEW | 1    | 123  | 0,62692  | 0,430011  |
| ABW | 1    | 123  | 1,52255  | 0,219587  |
| ABH | 1    | 123  | 0,36783  | 0,545306  |
| ABL | 1    | 123  | 0,04162  | 0,838678  |
| TEL | 1    | 123  | 0,54009  | 0,463795  |
| TEW | 1    | 123  | 1,96415  | 0,163588  |
| TD  | 1    | 123  | 17,83404 | 0,000046* |
| T   | 1    | 123  | 14,74294 | 0,000196* |

**6.4.6. Упоредивање врсте *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus***

На крају смо упоредили мјерена морфометриска обиљежја између врсте *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus*. Анализа варијансе је код женки показала да се врсте статистички значајно разликују по свим морфометриским обиљежјима, груписане врстама на свим истраживаним локалитетима (Табела 42). Као post-hoc тест смо користили Tukey -тест стварне значајности (Прилог 2).

**Табела 42.** Анализа варијансе код женки врста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus*. (звјездицом су означени статистички значајно различити морфометриски параметри,  $p < 0,05$ )

|     | df | df  | F        | P         |
|-----|----|-----|----------|-----------|
| CLL | 2  | 455 | 5,7650   | 0,003369* |
| CPL | 2  | 455 | 37,4375  | 0,000000* |
| CFL | 2  | 455 | 6,4853   | 0,001671* |
| CLW | 2  | 454 | 144,6516 | 0,000000* |
| CLH | 2  | 455 | 246,4470 | 0,000000* |
| CEF | 2  | 462 | 24,3711  | 0,000000* |
| ROL | 2  | 462 | 8,9907   | 0,000148* |
| HEL | 2  | 462 | 89,1633  | 0,000000* |
| HEW | 2  | 462 | 49,6717  | 0,000000* |
| ROW | 2  | 462 | 209,4405 | 0,000000* |
| CGW | 2  | 462 | 69,8266  | 0,000000* |
| CPW | 2  | 462 | 6,2729   | 0,002051* |
| ARL | 2  | 462 | 64,1598  | 0,000000* |
| ARW | 2  | 462 | 176,0285 | 0,000000* |
| CPH | 2  | 462 | 25,1525  | 0,000000* |
| CEW | 2  | 461 | 63,3788  | 0,000000* |
| ABW | 2  | 462 | 59,5969  | 0,000000* |
| ABH | 2  | 461 | 63,0537  | 0,000000* |
| ABL | 2  | 462 | 27,0249  | 0,000000* |
| TEL | 2  | 462 | 194,8759 | 0,000000* |
| TEW | 2  | 462 | 56,2085  | 0,000000* |
| TD  | 2  | 462 | 25,9585  | 0,000000* |
| T   | 2  | 462 | 19,5870  | 0,000000* |

Анализа варијансе код мужјака све три врсте показала је да се статистички значајно разликују у 11 морфометриских обиљежја али не у свим као што је приказано код женки (Табела 43).

**Табела 43.** Анализа варијансе код мужјака врста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus*. (звјездицом су означени статистички значајно различити морфометриски параметри,  $p < 0,05$ )

|     | df | df r | F        | P         |
|-----|----|------|----------|-----------|
| CLL | 2  | 569  | 267,6612 | 0,000000* |
| CPL | 2  | 552  | 3,7275   | 0,024662* |
| CFL | 2  | 551  | 0,9350   | 0,393219  |
| CLW | 2  | 552  | 4,0602   | 0,017763* |
| CLH | 2  | 552  | 8,1067   | 0,000339* |
| CEF | 2  | 569  | 1,3566   | 0,258367  |
| ROL | 2  | 569  | 14,8441  | 0,000000* |
| HEL | 2  | 569  | 3,3448   | 0,035962* |
| HEW | 2  | 569  | 3,2571   | 0,039217* |
| ROW | 2  | 569  | 10,1090  | 0,000049* |
| CGW | 2  | 569  | 2,1569   | 0,116627  |
| CPW | 2  | 569  | 1,6307   | 0,196711  |
| ARL | 2  | 569  | 1,5194   | 0,219734  |
| ARW | 2  | 569  | 11,5022  | 0,000013* |
| CPH | 2  | 569  | 1,8720   | 0,154762  |
| CEW | 2  | 567  | 3,2298   | 0,040295  |
| ABW | 2  | 569  | 2,0595   | 0,128462  |
| ABH | 2  | 569  | 2,3688   | 0,094514  |
| ABL | 2  | 569  | 1,5977   | 0,203263  |
| TEL | 2  | 569  | 3,9886   | 0,019046* |
| TEW | 2  | 569  | 2,2514   | 0,106184  |
| TD  | 2  | 569  | 1,8140   | 0,163943  |
| T   | 2  | 569  | 4,1559   | 0,016150* |



Након анализе варијансе (ANOVA) услиједила је дискриминантна анализа (DA), собзиром да је (ANOVA) показала да постоје разлике између популација, (DA) смо радили како би из свих мјерених морфометриских обиљежја пронашли оне које најбоље раздвајају (дискриминирају) проучаване групе популација, а резултати дискриминантне анализе приказани у табели 44.

Прва дискриминантна функција доприноси дискриминацији са 48 % и то највише преко морфометриских обиљежја: CLW, CLH, ROL, ROW, ARL, CPH, TEW, TD, T. Друга дискриминантна функција доприноси са 27 % , и то преко обиљежја: CLW, CEF, ROL, HEL, HEW, ROW, CGW, CPW, ARL, ARW, CPH, CEW. ABW, T. (Табела 44).

**Табела 44.** Резултати дискриминантне анализе (DA) за женке врста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus* (Стандардизирани коефицијент каноничких дискриминантних функција за три популације).

|          | Root 1   | Root 2    |
|----------|----------|-----------|
| CLL      | 0,14201  | 0,102656  |
| CPL      | 0,00137  | 0,095244  |
| CFL      | 0,04072  | 0,104424  |
| CLW      | -0,20247 | -0,286157 |
| CLH      | -0,23395 | 0,199575  |
| CEF      | 0,10490  | 0,275614  |
| ROL      | 0,42147  | 0,486828  |
| HEL      | 0,05716  | -0,402488 |
| HEW      | 0,08180  | -0,250591 |
| ROW      | -0,21324 | -0,320991 |
| CGW      | -0,06207 | -0,437795 |
| CPW      | -0,21756 | -0,539858 |
| ARL      | 0,25700  | 0,315740  |
| ARW      | -0,02347 | 0,610437  |
| CPH      | 0,39885  | -0,460123 |
| CEW      | -0,13905 | 0,630375  |
| ABW      | -0,07177 | -0,489184 |
| ABH      | 0,08514  | -0,023822 |
| ABL      | 0,17610  | -0,085551 |
| TEL      | -0,11420 | 0,214473  |
| TEW      | 0,29240  | 0,077385  |
| TD       | 0,87273  | -0,203162 |
| T        | -0,73776 | 0,688321  |
| Eigenval | 4,82109  | 0,278101  |
| Cum,Prop | 0,94546  | 1,000000  |

Овдје је код женки одрађено 14 морфометриска обиљежја, Највећу разликовну (дискриминациону) снагу у узорцима враста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus* за женке по редосљеду имају следећи морфометриски карактери: CLL, ROW, ROL, ARW, T, CPH, TEL, TEW, CGW, ABL, CEW, CLW, TD, ABW (Табела 45). Анализирани карактери: HEL, CEF, HEW, CPW, ARL немају односно нису показали статистички сигнификантну (значајну) разликовну (дискриминациону) снагу (Табела 45).

**Табела 45.** Резултати дискриминантне анализе (Stepwise поступак) за узорке женке врсте *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus*. Број варијабли у моделу = 20; групе (3); Вилкс' Ламбда: 0,19234; апрох.  $F(40,866) = 27,716$ ;  $p < 0,0000$

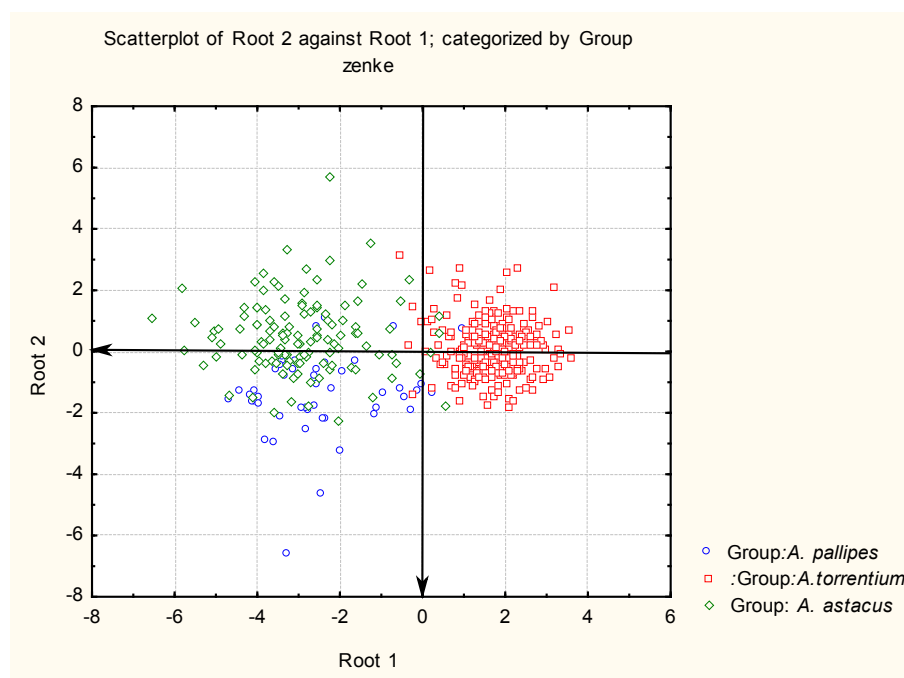
|     | Wilks' Lambda | Partial Lambda | F remove | P level   | Toler,   | 1-Toler, (R-Sqr.) |
|-----|---------------|----------------|----------|-----------|----------|-------------------|
| CLH | 0,213121      | 0,902472       | 23,39662 | 0,000000* | 0,514729 | 0,485271          |
| ROW | 0,211168      | 0,910819       | 21,19822 | 0,000000* | 0,603643 | 0,396357          |
| ROL | 0,214688      | 0,895886       | 25,16021 | 0,000000* | 0,598673 | 0,401327          |
| ARW | 0,199722      | 0,963020       | 8,31361  | 0,000286* | 0,268411 | 0,731589          |
| T   | 0,198490      | 0,968995       | 6,92729  | 0,001093* | 0,223405 | 0,776595          |
| CPH | 0,200928      | 0,957236       | 9,67193  | 0,000078* | 0,280313 | 0,719687          |
| TEL | 0,211539      | 0,909222       | 21,61581 | 0,000000* | 0,243870 | 0,756130          |
| TEW | 0,197354      | 0,974571       | 5,64914  | 0,003785* | 0,250515 | 0,749485          |
| CGW | 0,199330      | 0,964912       | 7,87267  | 0,000438* | 0,493324 | 0,506676          |
| HEL | 0,193356      | 0,994724       | 1,14839  | 0,318111  | 0,118944 | 0,881056          |
| CEF | 0,194611      | 0,988310       | 2,56075  | 0,078416  | 0,527969 | 0,472031          |
| ABL | 0,199412      | 0,964513       | 7,96553  | 0,000401* | 0,323047 | 0,676953          |
| CEW | 0,198441      | 0,969235       | 6,87211  | 0,001153* | 0,194312 | 0,805688          |
| CLW | 0,198752      | 0,967719       | 7,22205  | 0,000822* | 0,490261 | 0,509739          |
| CLL | 0,197648      | 0,973125       | 5,97910  | 0,002745* | 0,541256 | 0,458744          |
| TD  | 0,196909      | 0,976777       | 5,14723  | 0,006177* | 0,194579 | 0,805421          |
| ABW | 0,195027      | 0,986200       | 3,02952  | 0,049365* | 0,258418 | 0,741582          |
| HEW | 0,194487      | 0,988939       | 2,42138  | 0,090000  | 0,500776 | 0,499224          |
| CPW | 0,194916      | 0,986763       | 2,90421  | 0,055860  | 0,187962 | 0,812038          |
| ARL | 0,193500      | 0,993981       | 1,31093  | 0,270636  | 0,119461 | 0,880539          |

Процент класификације за женке такође висок тј. 100%. (Табела 46). Највећи је % класификације код женки *A. torrentium* 99% .

**Табела 46.** Резултати дискриминантне анализе за женке врста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus*. Процент тачно класифицираних јединки у одређену групу

|                      | Percent - Correct | <i>A. torrentium</i><br>p=,62198 | <i>A. pallipes</i><br>p=,10549 | <i>A. astacus</i><br>p=,27253 |
|----------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <i>A. torrentium</i> | 99,64664          | 282                              | 0                              | 1                             |
| <i>A. pallipes</i>   | 52,08333          | 8                                | 25                             | 15                            |
| <i>A. astacus</i>    | 85,48387          | 9                                | 9                              | 106                           |
| Тотал                | 90,76923          | 299                              | 34                             | 122                           |

На графичком приказу (Слика 74) видимо да се женке врсте *A. torrentium* одвајају док се женке *A. pallipes* и *A. astacus* преклапају, гледано по у-оси.



**Слика 74.** Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака женки *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus* (Root 1-Root 2)

Код мужјака прва дискриминантна функција доприноси сепарацији са 36%, преко морфометриских обиљежја: ROL, ROW, CPW, ARL, ABH, ABL, TEW, TD, а друга са 26 %, преко обиљежја: CLW, CLH, ROL, ROW, CPW, ARW, CPH, CEW, ABW, TEL, T. (Табела 47).

**Табела 47.** Резултати дискриминантне анализе (DA) за мужјаке врста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus* (Стандардизирани коефицијент каноничких дискриминантних функција за три врсте).

|          | Root 1   | Root 2    |
|----------|----------|-----------|
| CLL      | 0,00198  | -0,193478 |
| CPL      | 0,01319  | -0,080916 |
| CFL      | 0,09807  | 0,131528  |
| CLW      | 0,10326  | -0,611887 |
| CLH      | -0,03330 | -0,261078 |
| CEF      | -0,00873 | 0,112752  |
| ROL      | 0,28495  | -0,252016 |
| HEL      | -0,21699 | -0,084986 |
| HEW      | 0,04837  | 0,052632  |
| ROW      | -0,23233 | -0,392013 |
| CGW      | 0,09912  | 0,026464  |
| CPW      | -0,33595 | 0,439766  |
| ARL      | 0,40979  | -0,204356 |
| ARW      | -0,00455 | -0,285052 |
| CPH      | -0,01891 | 0,282431  |
| CEW      | -0,12507 | 0,360996  |
| ABW      | -0,02709 | 0,240199  |
| ABH      | 0,34987  | -0,136709 |
| ABL      | 0,47234  | 0,207807  |
| TEL      | -0,06262 | 0,363129  |
| TEW      | 0,55499  | -0,217093 |
| TD       | 0,46280  | 0,194232  |
| T        | 0,02892  | 0,239425  |
| Eigenval | 3,63226  | 0,263122  |
| Cum,Prop | 0,93245  | 1,000000  |

Употребом ” stepwise ” методе обрађено је код мужјака 19 морфометриска обиљежја. Највећу разликовну (дискриминациону) снагу у узорцима враста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus* за мужјаке по редоследу имају следећи морфометриски карактери: ROW, T, ARL, ABL, ARW, ROL, TEL, TEW, CLW, CPH, CEW, CPW, TD, CLH, HEL. (Табела 48). Анализирани карактери: ABW, ABH, CLL, CFL немају односно нису показали статистички сигнификантну (значајну) разликовну (дискриминациону) снагу (Табела 48).

**Табела 48.** Резултати дискриминантне анализе (stepwise поступак) за узорке мужјака врста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus*. Број варијабли у моделу = 12; групе (3); Вилкс’ Ламбда: 0,27957; апрох. F (38,1060) = 24,862; p < 0,0000

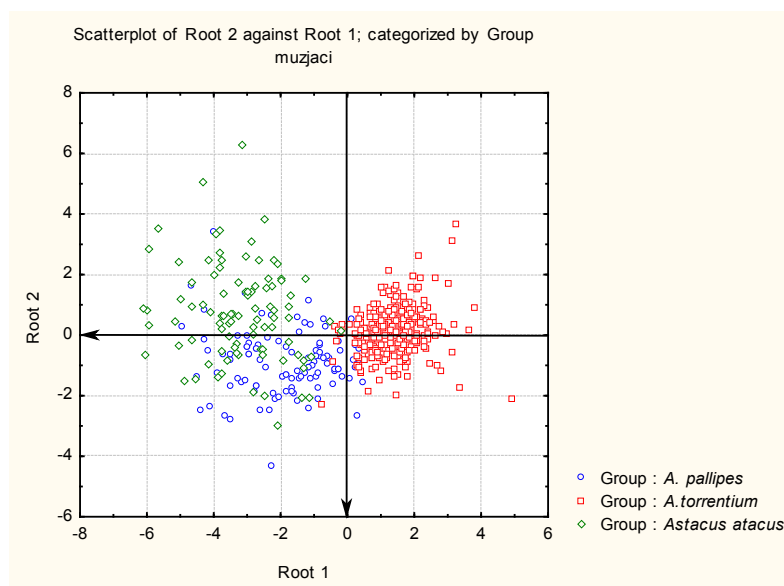
|     | Wilks’ Lambda | Partial Lambda | F remove | P level   | Toler,   | 1-Toler, (R-Sqr.) |
|-----|---------------|----------------|----------|-----------|----------|-------------------|
| ROW | 0,315140      | 0,887142       | 33,71220 | 0,000000* | 0,529490 | 0,470510          |
| T   | 0,296416      | 0,943181       | 15,96399 | 0,000000* | 0,587330 | 0,412670          |
| ARL | 0,298200      | 0,937536       | 17,65585 | 0,000000* | 0,475393 | 0,524607          |
| ABL | 0,302253      | 0,924964       | 21,49747 | 0,000000* | 0,282804 | 0,717196          |
| ARW | 0,295327      | 0,946657       | 14,93250 | 0,000000* | 0,441472 | 0,558528          |
| ROL | 0,298490      | 0,936625       | 17,93071 | 0,000000* | 0,790176 | 0,209824          |
| TEL | 0,310541      | 0,900279       | 29,35326 | 0,000000* | 0,199847 | 0,800153          |
| TEW | 0,298165      | 0,937648       | 17,62195 | 0,000000* | 0,218501 | 0,781499          |
| CLW | 0,291402      | 0,959410       | 11,21158 | 0,000017* | 0,592244 | 0,407756          |
| CPH | 0,283029      | 0,987793       | 3,27470  | 0,038595* | 0,678449 | 0,321551          |
| CEW | 0,287185      | 0,973496       | 7,21479  | 0,000810* | 0,719165 | 0,280835          |
| CPW | 0,286417      | 0,976105       | 6,48707  | 0,001647* | 0,477538 | 0,522463          |
| TD  | 0,285231      | 0,980166       | 5,36251  | 0,004947* | 0,443371 | 0,556628          |
| CLH | 0,285121      | 0,980546       | 5,25770  | 0,005482* | 0,437158 | 0,562842          |
| HEL | 0,283944      | 0,984609       | 4,14227  | 0,016404* | 0,782899 | 0,217101          |
| ABW | 0,282311      | 0,990304       | 2,59453  | 0,075630  | 0,252189 | 0,747811          |
| ABH | 0,282184      | 0,990749       | 2,47436  | 0,085190  | 0,288862 | 0,711138          |
| CLL | 0,281541      | 0,993013       | 1,86447  | 0,155994  | 0,782573 | 0,217427          |
| CFL | 0,280771      | 0,995737       | 1,13451  | 0,322360  | 0,789589 | 0,210411          |

Такође и код мужјака највећи проценат класификације је код врста *A. torrentium* (Табела 49).

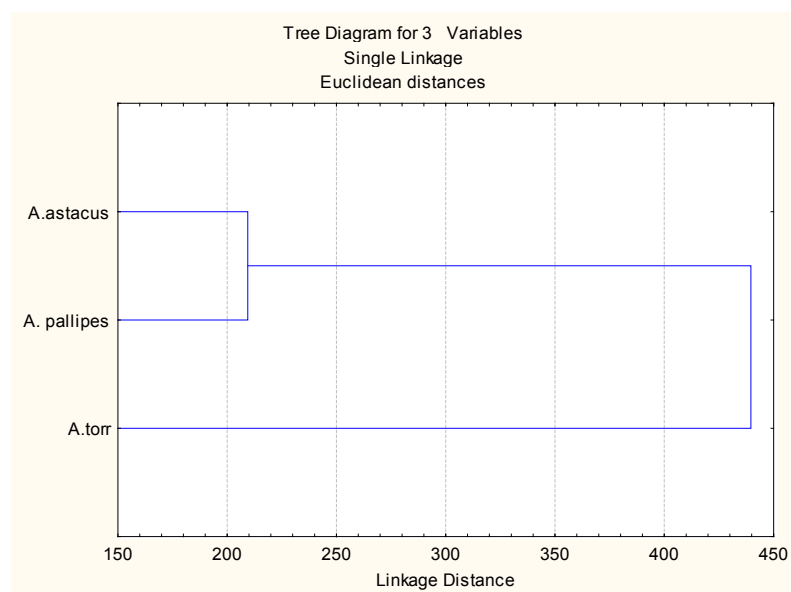
**Табела 49.** Процент тачно класифицираних мужјака врста *A. pallipes*, *A. torrentium* и *A. astacus*

|                      | Percent Correct | <i>A. pallipes</i><br>p=,20508 | <i>A. torrentium</i><br>p=,62795 | <i>Astacus astacus</i><br>p=,16697 |
|----------------------|-----------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| <i>A. pallipes</i>   | 65,48672        | 74                             | 20                               | 19                                 |
| <i>A. torrentium</i> | 99,42197        | 2                              | 344                              | 0                                  |
| <i>A. astacus</i>    | 78,26087        | 18                             | 2                                | 72                                 |
| Тотал                | 88,92922        | 94                             | 366                              | 91                                 |

На графичком приказу (Слика 75), уочава се мања међусобна разлика у погледу анализираних параметара код мужјака врста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus*. Видимо да се и мужјаци врсте *A. torrentium* по x- оси (Root 1) скоро потпуно одвајају ( врло мало преклапају) од мужјака *A. pallipes* и *A. astacus* који се међусобно потпуно преклапају, гледано по x -оси.



**Слика 75.** Графички приказ међусобне сепарације анализираних узорака мужјака *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus* (Root 1-Root 2)



Слика 76. UPGMA дендограм узорака мужјака и женки за све три врсте

## 6.5. Врста *Potamon fluviatilis*

### 6.5.1. Физичко-хемијске анализе истраживаних вода

Температура воде у Шаском језеру износила је  $5,1^{\circ}\text{C}$  (јануар) до  $28^{\circ}\text{C}$  (јули) при чему су разлике у температуре између површине и дна јако мале због мале дубине језера. Вриједности рН се кретала између 7,1 – 8,2. Количина кисеоника је између 6,03 и 12,46 mg/dm<sup>3</sup>. Угљендиоксид је забиљежен само у Беговом оку, гдје износи од 1,41 до 7,16 mg/dm<sup>3</sup>. Количина карбоната износи од 4,2 до 15,6 mg/l. Количина калцијума износи 60,0 до 124,3 mg/dm<sup>3</sup>, од 3,6 до 39,15 mg/dm<sup>3</sup>. Cl се кретао од 100 до 195 mg/dm<sup>3</sup> у пелагијалу, односно 415 до 725 mg/dm<sup>3</sup> у Беговом оку. Количина нитрата од 0,02 до 0,10 mg/dm<sup>3</sup> у пелагијалу односно 0,22 до 0,30 mg/dm<sup>3</sup> у Беговом оку. Средња температура воде Скадарског језера у периоду истраживања била је  $24,3^{\circ}\text{C}$ . рН од 7,81 – 7,91. Растворени кисеоник кретао се у границама од 12,46 – 16,43 mg/dm<sup>3</sup>, засићеност воде кисеоником од 109,06 – 143,24 mg/dm<sup>3</sup>, ВРК<sub>5</sub> од 1,14 – 5,66 mg/dm<sup>3</sup> O<sub>2</sub>; утрошак KMnO<sub>4</sub> од 3,79 – 4,42 mg/dm<sup>3</sup>. У ријекама дубина воде се кретала од 0,40 – 1,20 м. Вегетација обала заступљена са 60%. Температура

од 22-25<sup>0</sup> С. Засићеност воде кисеоником од 112-116,% а вриједности ВРК<sub>5</sub> до 2,50 mg/dm<sup>3</sup>, рН у границама нормале, амонијака такође није било што потврђује да се ради о природно чистим водама (Табела 50).

**Табела 50:** Средње вриједности физичко-хемијске анализе воде у истраживаним екосистемима

| Локалитети   | Скадарско јез. | Шаско јез. | Бојана | Жељезница | Рикавац |
|--|----------------|------------|--------|-----------|---------|
| Над. Висина, ( m)                                    | 6              | 0,35       | 6,5    | 29        | 20      |
| Ширина корита, (m)                                   | -              | -          |        | 0,60      | 0,80    |
| Дубина воде, ( m)                                    | 5,2            | 4,1        | 1,20   | 0,40      | 0,60    |
| Шлјунак, ( %)  | 60             | 30         | 30     | 20        | 20      |
| Муљ ,( %)  | 20             | 60         | 50     | 60        | 50      |
| Детритус, ( %)                                       | 20             | 10         | 20     | 20        | 30      |
| Брзина, ( m <sup>3</sup> /s)                         | -              | -          | 310    | 55        | 65      |
| Вегетација, ( %)                                     |                | 50         | 60     | 40        | 60      |
| Темп. воде ,°С                                       | 24,3           | 28,0       | 25,6   | 22,3      | 25,4    |
| Засићени O <sub>2</sub> , %                          | 126,15         | 110,8      | 114,0  | 116,4     | 112,7   |
| Тотал азот SN mg / dm <sup>3</sup>                   | 0,03           | 0,02       | 0,01   | 0,03      | 0,02    |
| Електропроводљив.                                    | 300,5          | 295,8      | 396,6  | 304,1     | 297,1   |
| Амонијак, mg /dm <sup>3</sup>                        | 0.00           | 0.00       | 0.00   | 0.00      | 0.00    |
| Нитрити, mg /dm <sup>3</sup>                         | 0.00           | 0.00       | 0.00   | 0.00      | 0.00    |
| рН,  | 7,91           | 8,2        | 8,1    | 8,26      | 7,98    |
| Растворени O <sub>2</sub> , mg/ dm <sup>3</sup>      | 14,44          | 12,46      | 12,89  | 11,54     | 11,69   |
| ВРК <sub>5</sub> ,mg /dm <sup>3</sup> O <sub>2</sub> | 1,14           | 1,44       | 2,02   | 2,14      | 2,54    |
| Тврдоћа воде , <sup>0</sup> dH                       | 7,5            | 7,1        | 7,9    | 8,05      | 7,94    |



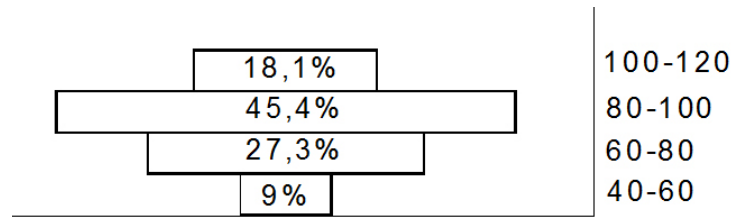
### 6.5.2. Узрасна структура *Potamon fluviatilis*

Узрана структура показује да јединке до 40 мм нису нађене, док дужинска група до 60 мм била је заступљена преко 10 % у сва четири екосистема. Најзаступљенија је дужинска група од 80 -100 мм са близу 50 %, а проценат јединки до 120 мм је прелазно 20 % (слика 77 -80).

**Табела 51:** Заступљеност врсте *P. fluviatilis* у истраживаним екосистемима (број јединки, заступљеност у % - има, по дужини тијела и средња вриједност тежине на истраживаним локалитетима

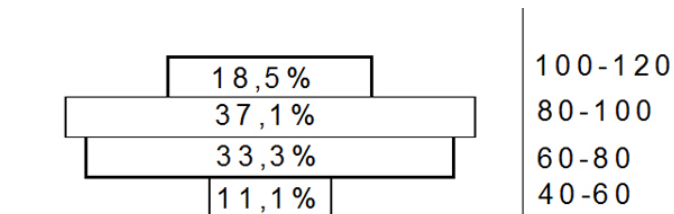
| Локалитети        | Дужинске групе мм              |      |       |       |        |         | Укупан број |
|-------------------|--------------------------------|------|-------|-------|--------|---------|-------------|
|                   |                                | 0-40 | 41-60 | 61-80 | 81-100 | 101-120 |             |
| Скадарско језеро  | N (бриј јединки)               | -    | 1     | 3     | 5      | 2       | 11          |
|                   | % заступљеност                 | -    | 9,0   | 27,3  | 45,4   | 18,1    |             |
|                   | средња вриј, тежине тијела (g) | -    | 27,2  | 53,2  | 74,4   | 109,6   |             |
| Шаско језеро      | N (бриј јединки)               | -    | 3     | 9     | 10     | 5       | 27          |
|                   | % заступљеност                 | -    | 11,1  | 33,3  | 37,1   | 18,5    |             |
|                   | средња вриј, тежине тијела (g) | -    | 23,4  | 54,9  | 80,5   | 116,6   |             |
| Ријека Бојана     | N (бриј јединки)               | -    | 5     | 13    | 15     | 9       | 42          |
|                   | % заступљеност                 | -    | 11,9  | 30,9  | 35,7   | 21,4    |             |
|                   | средња вриј, тежине тијела (g) | -    | 22,5  | 47,7  | 83,5   | 121,1   |             |
| Ријека Желјезница | N (бриј јединки)               | -    | 4     | 18    | 21     | 8       | 51          |
|                   | % заступљеност                 | -    | 7,8   | 35,3  | 41,2   | 15,6    |             |
|                   | средња вриј, тежине тијела (g) | -    | 23,4  | 54,4  | 84,1   | 123,5   |             |

У Скадарском језеру најзаступљенија је била дужинска група од 80-100 мм са 45, 4 %, док дужинска група од 100-120 била је заступљена са близу 20 %, (Слика 77).

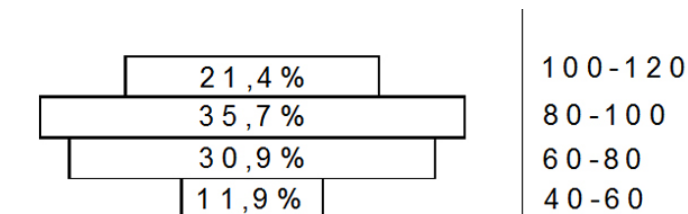


**Слика 77.** Заступљеност јединки поједине дужинске групе врсте *P. fluviatilis* у Скадарском језеру

И у Шаском језеру је приближна процентуална заступљеност јединки као у Скадарском језеру (Слика 78).

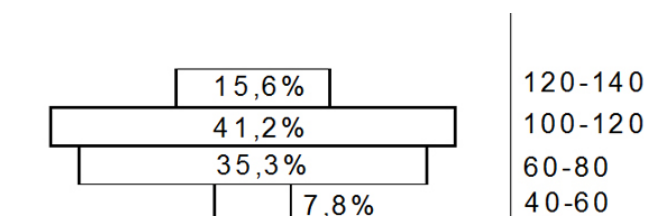


**Слика 78.** Заступљеност јединки поједине дужинске групе врсте *P. fluviatilis* у Шаском језеру,



**Слика 79.** Заступљеност јединки поједине дужинске групе врсте *P. fluviatilis* у ријечи Бојани

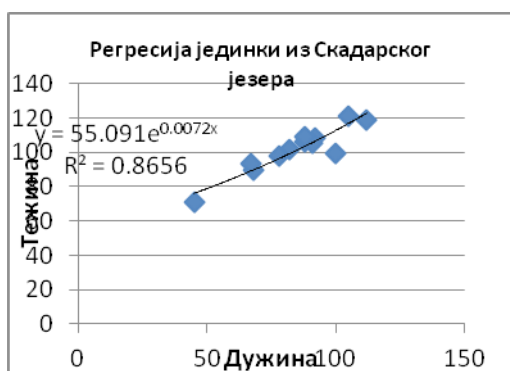
У ријечи Жељезници нађене су јединке дужинске групе од 120-140 мм и њихова заступљеност у узорку била је око 15 % , (Слика 80).



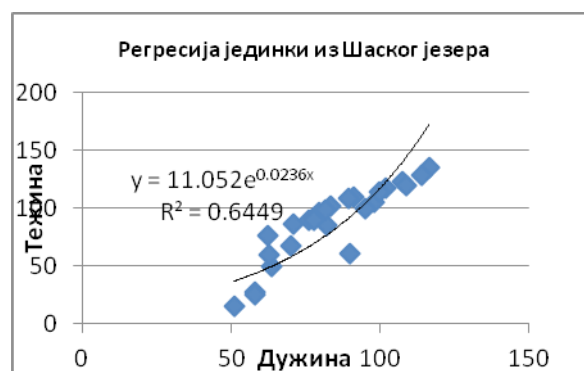
**Слика 80.** Заступљеност јединки врсте *P. fluviatilis* у ријечи Жељезници

Полну структуру је било немогуће урадити јер је у узорку од 131 јединку било само 2 женке.

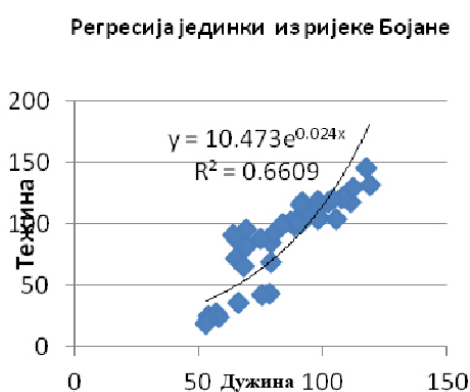
На основу коефицијента корелације можемо закључити да је примјеном регресионе анализе, коефицијент корелације високо статистички значајан између дужине и тежине јединки врсте *P. fluviatilis*. Коефицијент корелације јединки у Скадарском језеру је 0,86 док у ријечи Жељезници износи 0,80. У екосистему Шаско језеро и ријечи Бојани је нешто нижи и креће се од 0,64 до 0,66. Што значи да порастом дужине тијела расте и тежина јединки (слике 81- 84).



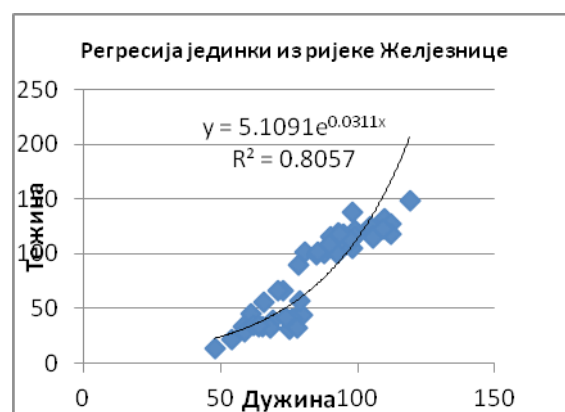
Слика 81. Однос дужине и тежине тијела врсте *P. fluviatilis* из Скадарског језера



Слика 82. Однос дужине и тежине тијела *P. fluviatilis* из Шаског језера



Слика 83. Однос дужине и тежине тијела *P. fluviatilis* из ријеке Бојане



Слика 84. Однос дужине и тежине тијела *P. fluviatilis* из ријеке Жељезнице

## 6.6. Вишеструко сравњивање секвенци за 16S rRNA ген

Истраживање је започето с укупно 56 секвенци за 16S rRNA ген (Табела 4.). Испитиване секвенце су биле дужине 420 пб те показује врло мале варијације око средње вриједности (Табеле 52 - 54.). Такође, примјетио је нарочито уједначен распоред база између испитиваних секвенци. Једино одступање је била секвенца која је била кориштена као вањска група, помоћу које су укоријењена филогенетска стабла, а која је показала веће разлике у нуклеотидном саставу од испитиваних секвенци. Та чињеница указује на исправан избор наведене скупине која је коришћена као вањска група.

**Табела 52.** Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за 16S rRNA без вањске групе израчунат помоћу програма Мегга 4.0.1. (Kumar *et al.*, 2007).

|                      | АДЕНИН<br>(A) | ТИМИН<br>(T) | ЦИТИЗИН<br>(C) | ГУАНИН<br>(G) |
|----------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| Средња<br>вриједност | 34,6 %        | 35,3 %       | 9,7%           | 20,3 %        |

**Табела 53.** Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за 16S rRNA за све групе са вањском групом

|                     | АДЕНИН<br>(A) | ТИМИН<br>(T) | ЦИТИЗИН<br>(C) | ГУАНИН<br>(G) |
|---------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| Сред.<br>вриједност | 34,6%         | 35,4%        | 9,7%           | 20,3%         |

**Табела 54.** Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за 16S rRNA за све врсте

|                      | АДЕНИН<br>(A) | ТИМИН<br>(T) | ЦИТИЗИН<br>(C) | ГУАНИН<br>(G) |
|----------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| <i>A. astacus</i>    | 37,9%         | 36,2%        | 9.1%           | 16,8%         |
| <i>A. torrentium</i> | 35,7%         | 35,1%        | 9,7%           | 19,5%         |
| <i>A. pallipes</i>   | 34,2%         | 35,3%        | 9,8%           | 20,7%         |

### 6.7. Вишеструко сравњивање секвенци за COI ген

Истраживање је започето са укупно 39 секвенци за COI ген (Табела 6.). Испитиване секвенце су биле дужине 397 пб. Такође показују врло мале варијације око средњих вриједности (Таблица 55-57). Поновно је примијећен уједначен распоред база између испитиваних секвенци и једино одступање имала је секвенца која је била коришћена као вањска група. Она је показала нешто веће разлике у нуклеотидном саставу од испитиваних секвенци, што се и очекује од секвенци вањске групе.

**Табела 55.** Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за COI без вањске групе израчунат помоћу програма Mega 4.0.1. (Kumar *et al.*, 2007).

|                     | АДЕНИН<br>(A) | ТИМИН<br>(T) | ЦИТИЗИН<br>(C) | ГУАНИН<br>(G) |
|---------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| Сред.<br>вриједност | 23,9%         | 37,5%        | 16,9%          | 21,7%         |

**Табела 56.** Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за COI за све групе са вањском групом

|                     | АДЕНИН<br>(A) | ТИМИН<br>(T) | ЦИТИЗИН<br>(C) | ГУАНИН<br>(G) |
|---------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| Сред.<br>вриједност | 24,0%         | 37,6%        | 16,8%          | 21,6%         |

**Табела 57.** Средње вриједности и просјечни нуклеотидни састав испитиваних секвенци гена за COI за све врсте

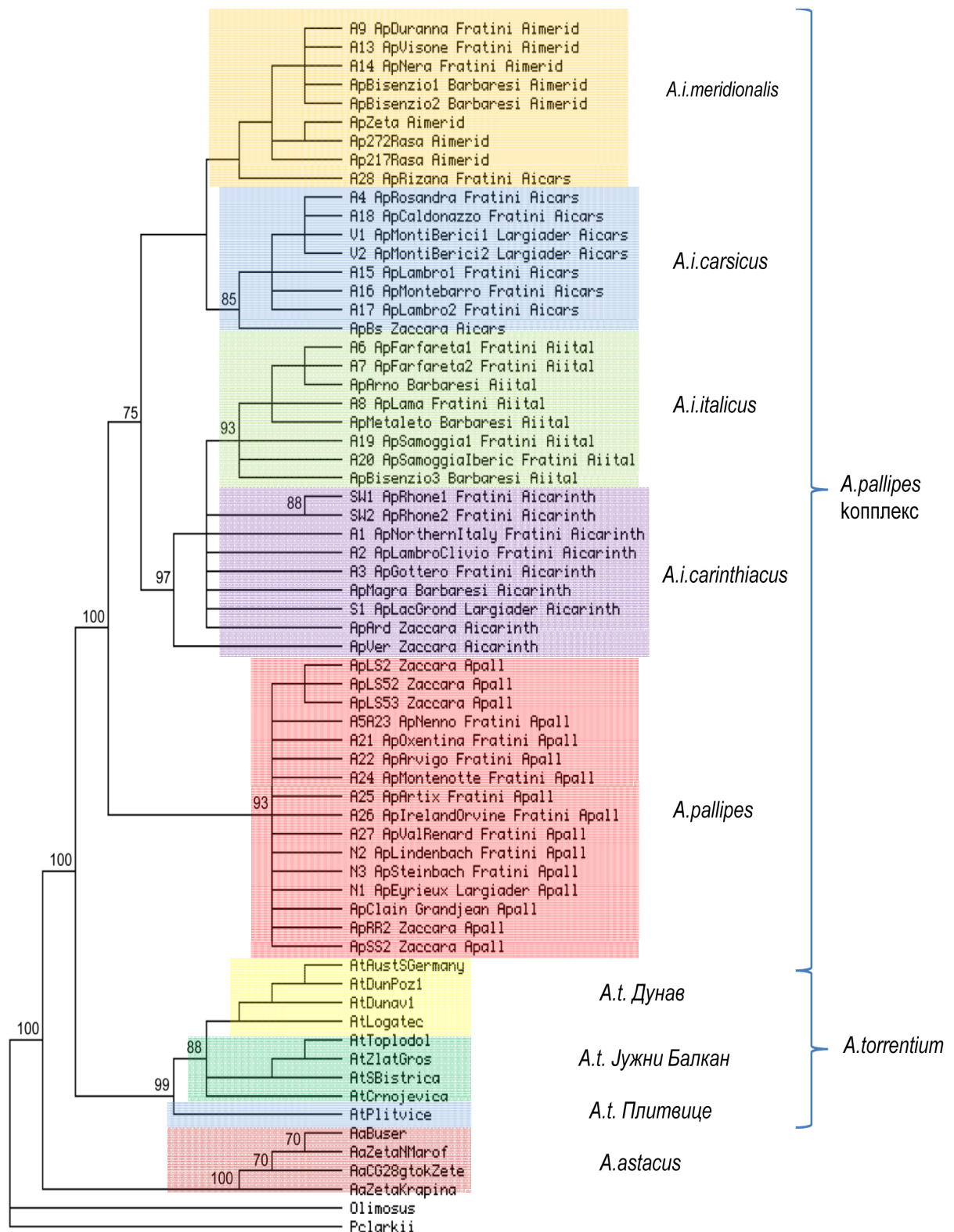
|                      | АДЕНИН<br>(A) | ТИМИН<br>(T) | ЦИТИЗИН<br>(C) | ГУАНИН<br>(G) |
|----------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| <i>A. astacus</i>    | 26,4%         | 38,4%        | 16,0%          | 19,3%         |
| <i>A. torrentium</i> | 23,7%         | 38,1%        | 16,8%          | 21,3%         |
| <i>A. pallipes</i>   | 23,3%         | 36,5%        | 17,3%          | 22,9%         |

## 6.8. Филогенетске анализе

### 6.8.1. Анализа методом највеће штедљивости (MP метода)

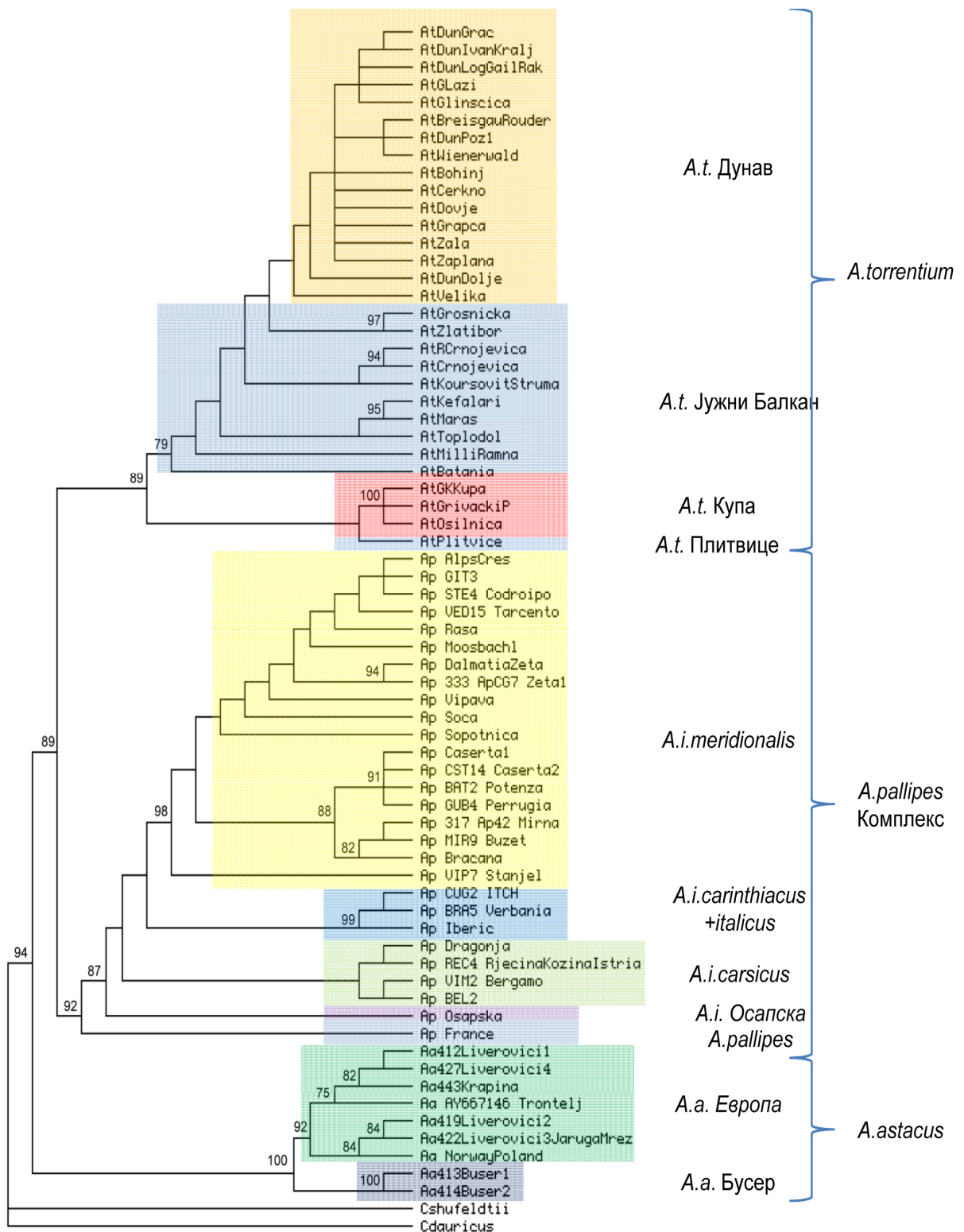
На филограму 85. видимо да се врсте у потпуности одвајају и да унутар врсте *A. pallipes* и *A. torrentium* постоје подгрупе. *A. pallipes* комплекс чине: *A. i. meridionalis* којем припада врста из Црне Горе, затим подгрупа *A. i. carsicus* која заједно са предходном чини један кластер. Затим подгрупе *A. i. italicus* и *A. i. carinthiacus* чине следећи кластер, и *A. pallipes* који с предходним скупинама представља комплекс *A. pallipes*. Комплекс *A. torrentium* сачињавају три подгрупе и то: *A. t.* Дунав, *A. t.* јужни Балкан у који улази врста *A. torrentium* из Црне Горе и Србије. И трећа подгрупа је *A. t.* Плитвице којој припада врста *A. torrentium* из Хрватске.

На филограму за COI (Слика 86.), гене врсте се такође у потпуности одвајају и да унутар све три врсте постоје подгрупе. Врста *A. torrentium* има четири подгрупе и то: *A. t.* Дунав, *A. t.* јужни Балкан којиј припада врста из Црне Горе и Србије, затим подгрупа *A. t.* Купа и *A. t.* Плитвице. Комплекс *A. pallipes* чини пет подгрупа: *A. i. meridionalis* у коју припада и врста из Црне Горе, *A. i. carinthiacus + italicus*, *A. i. carsicus*, *A. i.* Осапска и *A. pallipes*. Комплекс *A. astacus* чине двије подгрупе *A. a.* Европа гдје се налазе и узорци из Црне Горе и подгрупа *A. a.* Бусер у коју су смјештени узорци врст из Србије као засебна грана (Слика 86).



Слика 85. Хаплогрупе и припадајући хаплотипови филограма 16S rRNA гена изграђеног MP





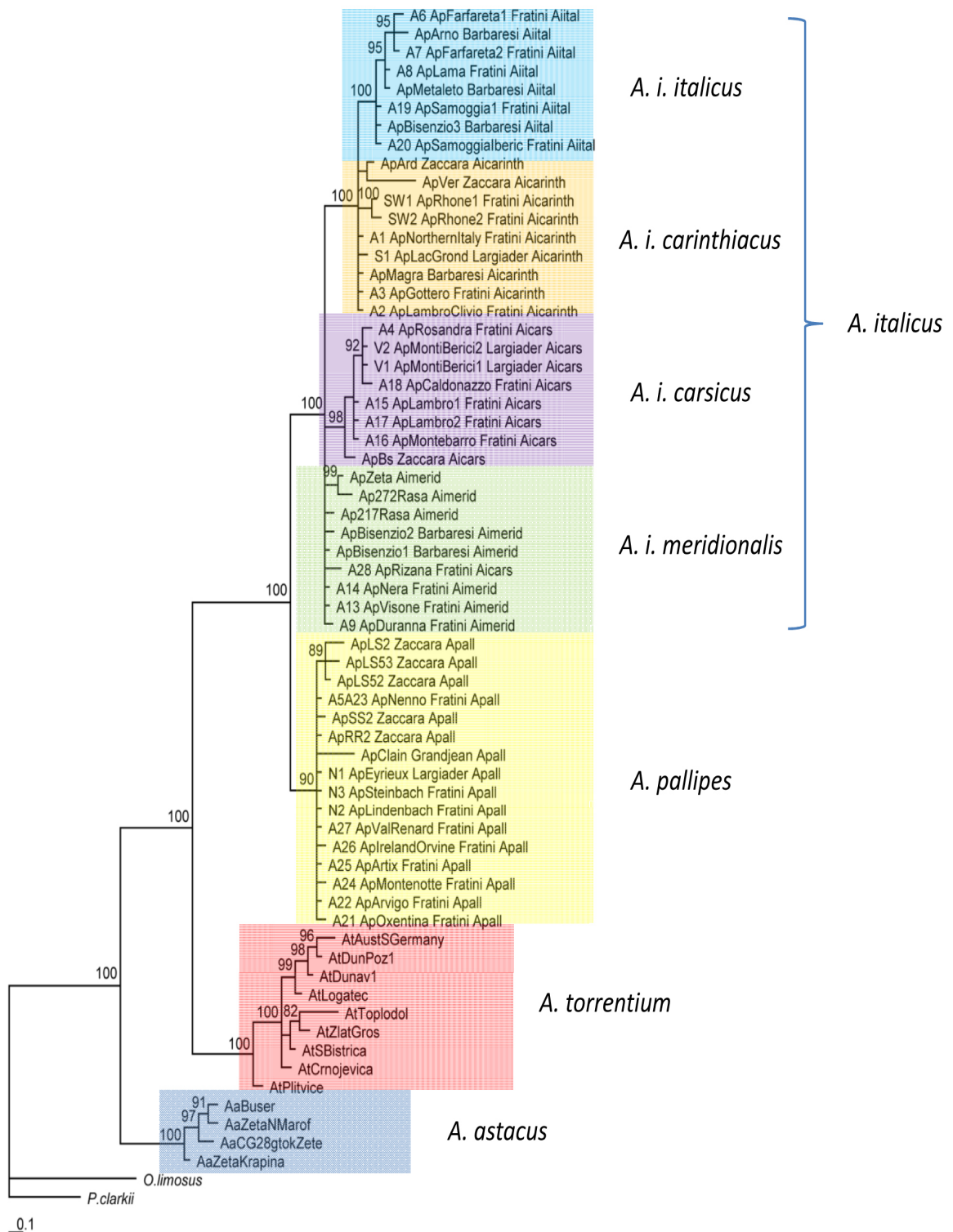
Слика 86. Хаплогрупе и припадајући хаплотипови филограма COI гена изграђеног MP методом



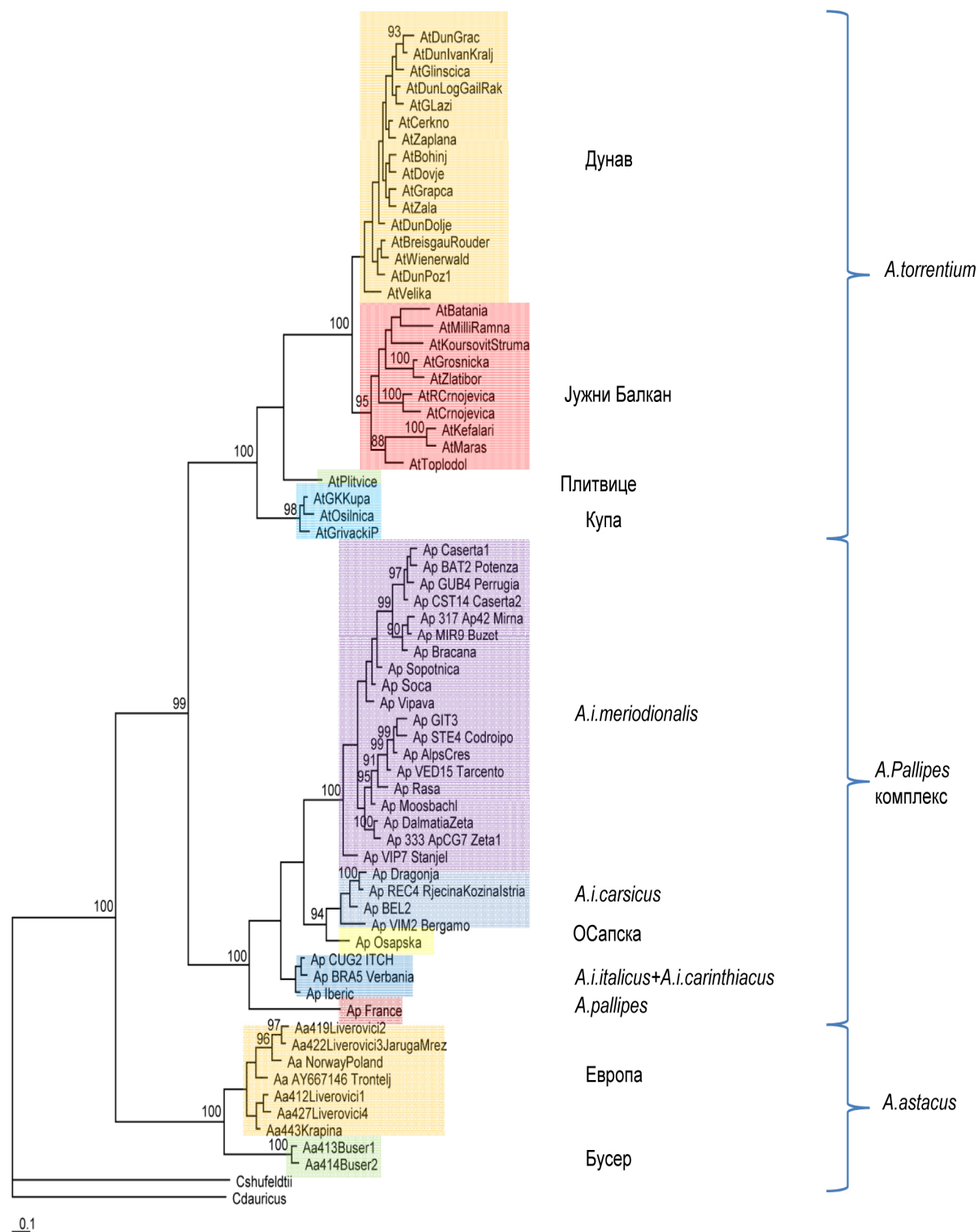
### 6.8.2. Анализа Bayesian методом (ВА метода)

Резултат Bayesian анализе су укоријењени филограми односа секвенци за 16S rRNA (Слика 87), и COI гене (Слика 88) с вриједностима накнадних вјероватноћа у чворовима гранања која представљају алтернативу вриједностима самоучитавања. На филогураму за 16S rRNA видимо да су групе подржане и да се у потпуности одвајају. Јавља се група *A. italicus* коју чине четири подгрупе и то: *A.i.italicus*, *A. i. carsicus*, *A. i. carinthiacus* и *A. i. meridionalis* гдје је врста из Црне Горе. Код *A. pallipes*, *A. torrentium* и *A. astacus* нема подгрупа.

На филогураму за COI гене код Bayesian анализе врсте се такође у потпуности одвајају, и унутар све три врсте постоје подгрупе. Врста *A. torrentium* има четири подгрупе и то: Дунав, јужни Балкан којој припадају узорци из Црне Горе и Србије, затим подгрупа Купа и Плитвице. Комплекс *A. pallipes* чине пет подгрупа: *A. i. meridionalis* ту је врста из Црне Горе, *A. i. carsicus*, Осапска, *A.i.italicus* + *A. i. carinthiacus*, и *A. pallipes*. Комплекс *A. astacus* чине двије подгрупе Европа гдје су узорци из Црне Горе и подгрупа Бусер коју чине узорци из Србије и која чини засебну грану (Слика 88).



Слика 87. Хаплогрупе и припадајући хаплотипови филограма 16S rRNA гена изграђеног Bayesian методом



Слика 88. Хаплогрупе и припадајући хаплотипови филограма COI гена изграђеног Bayesian методом

Подробном анализом добијених филограма, установљено је да се хаплотипови анализираних генских секвенци могу груписати код маркера за 16S rRNA у девет мањих, односно три веће, а код маркера за COI у једанаест мањих односно три веће филогеографске скупине, тзв. хаплогрупе. Унутар сваке хаплогрупе налази се више хаплотипова (Табела 58).

**Табела 58.** Хаплогрупе и хаплотипови обрађених секвенци 16S rRNA и COI гена

|                      | Хаплогрупа             |   | Хаплотип  |
|----------------------|------------------------|---|---|
| 16S rRNA             | <i>Astacus astacus</i> | <i>A.a.</i> ЕВРОПА                        | ЗетаКрапина,ЦГ28горњитокЗете,ЗетаНМароф,Бусер   |
|                      |                        | <i>A.t.</i> ДУНАВ                         | ДунПоз1,Дун1,Логатец,Герману,АустГерману.   |
|                      | <i>A. torrentium</i>   | <i>A.t.</i> ЈУЖ.БАЛКАН                    | Топлодол,ЗлатГрос, Бистрица,Црнојевица,   |
|                      |                        | <i>A.t.</i> ПЛИТВИЦЕ                      | Плитвице  |
|                      |                        | <i>A. italicus italicus</i>               | A6,A7,Barbaresi,A8 Barbaresi2,A19,A20,Bisenzio3,  |
|                      | <i>A. pallipes</i>     | <i>A. pallipes</i>                        | Zaccara,Oxentina, Fratini.Grandjean,Fratini,Nenna,  |
|                      |                        | <i>A.i. carinthiacus</i>                  | Fratini1,Fratini2,Fratini3, Fratini4,Fratini5,Barbaresi,Largioder,Zaccara1,Zaccara2.  |
|                      |                        | <i>A.i. carsicus</i>                      | Zaccara,Rosandra,Caldonazzo,Bericil1,Bericil2,Lambrol2,   |
|                      |                        | <i>A.i. meridionalis</i>                  | Зета,Раса1,Раса2,Бисензио2,Бисензио1,Ризана,Нера,Висон е,Дуррана,   |
|                      | COI                    | <i>Astacus astacus</i>                    | <i>A.a.</i> ЕВРОПА  |
| <i>A.a.</i> БУСЕР    |                        |   | Бусер1,Бусер2,  |
| <i>A. torrentium</i> |                        | <i>A.t.</i> ЈУЖ.БАЛКАН                    | Батаниа,МиллиРамна,КоурсовитСтрума,Гросницка,Златибор,Рј.Црнојевица,Црнојевица,Кефалери,Марос,Топлодол  |
|                      |                        | <i>A.t.</i> ПЛИТВИЦЕ                      | Плитвице  |
|                      |                        | <i>A.t.</i> КУПА                          | Купа,Осилница,ГривацкиП,  |
|                      |                        | <i>A.t.</i> ДУНАВ                         | ДунИванКраљ, ДунПоз1,ДунДоље,ДунЛогГаилРак, ДунГр ец,Заплана,Церкно,Глинсцица,Глази,Церкно,Заплана,Бохи њ,Довје,Грапца,Зала,БреисгауРоудер, Виенервалд,Велика                                 |
| <i>A. pallipes</i>   |                        | <i>A.i.m.</i>                             | Цасерта1,БАТ2Потенза,ГУБ4Перругија,ЦСТ14Цасерта2,42 Мирна,Бузет,Брацана,Сопотница, Соца, Випара,ГИТ3, СТ Е4Цодроипо,АлпсЦрес,ВЕД15Тарценто, Раса,Моосбацхл, ДалмацијаЗета,ЦГЗета1, ВИП7Стањел |
|                      |                        | <i>A. i. cars.</i>                        | Драгоња,РЕЦ4 РјечинаКазиналстриа, БЕЛ2,ВИМ2Бергамо,   |
|                      |                        | <i>A. i. italicus + A.i. carinthiacus</i> | CUG2,ITCH,BRA5VВербаниа,Иберик,   |
|                      |                        | <i>A.i.</i> ОСАПСКА                       | Осапска,  |
|                      |                        | <i>A. pallipes</i>                        | Француска   |

Сваки хаплотип има карактеристичан и јединствен слијед нуклеотида. Између секвенци унутар истог хаплотипа не постоји никаква генетичка удаљеност (eng. *pairwise distance*).

### 6.8.3. Генетичка удаљеност ( $\rho$ ) и нуклеотидна разноликост ( $\pi$ )

Резултати израчунате генетичке удаљености између проучаваних врста за 16S rRNA и COI гене приказани су у табелама 59, 60. За 16S rRNA видимо да се најмање разликују врсте *A. pallipes* и *A. italicum* тј. да је њихова генетичка удаљеност најмања (0,042). Табела 59. Код COI гена њихова генетичка удаљеност износи (0,099), Табела 60.

**Табела 59.** Просјечна генетичка удаљеност ( $\rho$ ) између врста  $\pm$  стандардна девијација унутар појединих врста код 16S rRNA ( звјездицом је означена стандардна девијација)

|                      | <i>A. astacus</i> | <i>A. torrentium</i> | <i>A. italicum</i> | <i>A. pallipes</i> |
|----------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| <i>A. astacus</i>    |                   | 0,021*               | 0,022*             | 0,022*             |
| <i>A. torrentium</i> | 0,121             |                      | 0,020*             | 0,019*             |
| <i>A. italicum</i>   | 0,148             | 0,119                |                    | 0,009*             |
| <i>A. pallipes</i>   | 0,134             | 0,109                | 0,042              |                    |

**Табела 60.** Просјечна генетичка удаљеност ( $\rho$ ) између врста  $\pm$  стандардна девијација, унутар појединих врста код COI маркера (звјездицом је означена стандардна девијација)

|                      | <i>A. astacus</i> | <i>A. torrentium</i> | <i>A. italicum</i> | <i>A. pallipes</i> |
|----------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| <i>A. astacus</i>    |                   | 0,025*               | 0,027*             | 0,026*             |
| <i>A. torrentium</i> | 0,173             |                      | 0,022*             | 0,012*             |
| <i>A. italicum</i>   | 0,186             | 0,152                |                    | 0,017*             |
| <i>A. pallipes</i>   | 0,173             | 0,139                | 0,099              |                    |

Анализом нуклеотидне разноликости ( $\pi$ ) унутар врста код 16S rRNA утврђено је да се она налази у границама између 0,6% (0,006  $\pm$  0,001) за врста *A. pallipes* и 2,3 % ( 0,023  $\pm$

0,005) за врсту *A. italicus*. Код гена COI највећу нуклеотидну разноликост показала је врста *A. astacus* 4,6% ( 0,046 ±0,006), док је најмања вриједност 4% код врсте *A. italicus* (0,04 ± 0,007). (Табела 61).

**Табела 61.** Нуклеотидна разноликост унутар врста за 16S rRNA и COI гена, као и нуклеотидна разноликоста по 100 км ареала дистрибуције поједине врсте.

|                      | 16S rRNA |       |       |               | COI   |       |       |               |
|----------------------|----------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|---------------|
|                      | $\pi$    | S.E.  | d/100 | $\pi/(d/100)$ | $\pi$ | S.E.  | d/100 | $\pi/(d/100)$ |
| <i>A.astacus</i>     | 0.009    | 0.003 | 5.1   | 0.001765      | 0.046 | 0.006 | 18.7  | 0.00246       |
| <i>A. torrentium</i> | 0.017    | 0.004 | 10.6  | 0.001604      | 0.032 | 0.006 | 22    | 0.001455      |
| <i>A. italicum</i>   | 0.023    | 0.005 | 14    | 0.001643      | 0.04  | 0.007 | 14    | 0.002857      |
| <i>A. pallipes</i>   | 0.006    | 0.001 | 14    | 0.000429      | n/c   | n/c   |       |               |

Високе вриједности генетичке удаљености на темељу анализе 16S rRNA између хаплогрупа: *A. i. carinth* - *A. i. meridionalis* 2,7 % (0,027 ± 0,007), *A. i. cars* - *A. i. meridionalis* 2,2% (0,022 ± 0,007), *A. pallipes*- *A. i. meridionalis* 3,9 % (0,039 ± 0,009), и *A. i. italicus* - *A. i. meridionalis* 3,5 % (0,035 ± 0,009), указују да се животиње унутар комплекса врсте збиља налазе на нивоу више подврста (Табела 62). Резултати анализе генетичке удаљености маркера COI (Табела 63) такође подкрепљују ово тумачење резултата анализе 16S rRNA.

**Табела 62.** Просјечна генетичка удаљеност (p) између подврста ± стандардна девијација унутар појединих врста код 16S rRNA (звјездицом је означена стандардна девијација)

|                                    | <i>A.a.</i> | <i>A.t.</i><br>Дунав | <i>A.t.</i><br>Јужни<br>Балкан | <i>A.t.</i><br>Плитвице | <i>A.i.</i><br><i>меру</i> | <i>A.i.</i><br><i>carinth</i> | <i>A.i.</i><br><i>cars</i> | <i>A. pall</i> | <i>A.i.</i><br><i>ital</i> |
|------------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| <i>A. astacus</i>                  |             | 0,023*               | 0,022*                         | 0,019*                  | 0,024*                     | 0,025*                        | 0,024*                     | 0,023*         | 0,027*                     |
| <i>A.t.</i> Дунав                  | 0,123       |                      | 0,005*                         | 0,007*                  | 0,020*                     | 0,022*                        | 0,021*                     | 0,020*         | 0,024*                     |
| <i>A.t.</i> Јужни<br>Балкан        | 0,124       | 0,018                |                                | 0,007*                  | 0,021*                     | 0,023*                        | 0,022*                     | 0,021*         | 0,024*                     |
| <i>A.t.</i> Плитвице               | 0,101       | 0,022                | 0,025                          |                         | 0,019*                     | 0,020*                        | 0,020*                     | 0,019*         | 0,022*                     |
| <i>A.i.</i><br><i>meridionalis</i> | 0,144       | 0,107                | 0,118                          | 0,102                   |                            | 0,007*                        | 0,007*                     | 0,009*         | 0,009*                     |
| <i>A.i.</i> <i>carinth</i>         | 0,145       | 0,118                | 0,127                          | 0,106                   | 0,027                      |                               | 0,009*                     | 0,011*         | 0,005*                     |
| <i>A.i.</i> <i>cars</i>            | 0,147       | 0,115                | 0,124                          | 0,106                   | 0,022                      | 0,034                         |                            | 0,009*         | 0,010*                     |
| <i>A. pallipes</i>                 | 0,134       | 0,104                | 0,116                          | 0,099                   | 0,039                      | 0,046                         | 0,036                      |                | 0,011*                     |
| <i>A.i.</i> <i>italicus</i>        | 0,156       | 0,128                | 0,135                          | 0,115                   | 0,035                      | 0,016                         | 0,036                      | 0,048          |                            |

Видимо да анализирајући COI, *A.t.* Дунав има најмању дистанцу са *A.t.* Јужни Балкан. (0,042), док *A.t.* Јужни Балкан са *A.t.* Плитвице има нешто вишу (0,099). Најнижу дистанцу има *A.a.* Бусер са *A.a.* Европа (0,056), док *A.i.carsicus* са *A.i. car\_ital.* и *A.i.* Осапска показују генетичку удаљеност (0,045), односно ( 0,026). (Табела 63).

**Табела 63.** Просјечна генетичка удаљеност ( $p$ ) између подврста  $\pm$  стандардна девијација између појединих врста за COI (звјездицом је означена стандардна девијација)

|                             | <i>A.t.</i><br>Дунав | <i>A.t.</i><br>Купа | <i>A.t.</i> јужни<br>Балкан | <i>A.t.</i><br>Плитвице | <i>A.a.</i><br>Бусер | <i>A.a.</i><br>Европа | <i>A.i.</i><br>meridionalis | <i>A.i.</i><br>carsicus | <i>A.i.</i><br>car_ital | <i>A.i.</i><br>Osapska | <i>A.</i><br>pallipes |
|-----------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| <i>A.t.</i> Дунав           |                      | 0.018*              | 0.007*                      | 0.016*                  | 0.028*               | 0.027*                | 0.024*                      | 0.022*                  | 0.023*                  | 0.021*                 | 0.022*                |
| <i>A.t.</i> Купа            | 0.092                |                     | 0.017*                      | 0.016*                  | 0.029*               | 0.028*                | 0.027*                      | 0.023*                  | 0.022*                  | 0.024*                 | 0.024*                |
| <i>A.t.</i> јуж.<br>Балкан  | 0.042                | 0.103               |                             | 0.018*                  | 0.025*               | 0.025*                | 0.024*                      | 0.020*                  | 0.022*                  | 0.018*                 | 0.022*                |
| <i>A.t.</i> Плитвице        | 0.076                | 0.072               | 0.099                       |                         | 0.030*               | 0.027*                | 0.025*                      | 0.023*                  | 0.022*                  | 0.022*                 | 0.021*                |
| <i>A.a.</i> Бусер           | 0.171                | 0.183               | 0.165                       | 0.181                   |                      | 0.012*                | 0.030*                      | 0.024*                  | 0.028*                  | 0.025*                 | 0.029*                |
| <i>A.a.</i> Европа          | 0.172                | 0.173               | 0.167                       | 0.166                   | 0.056                |                       | 0.030*                      | 0.023*                  | 0.027*                  | 0.024*                 | 0.027*                |
| <i>A.i.</i><br>meridionalis | 0.151                | 0.158               | 0.161                       | 0.146                   | 0.198                | 0.191                 |                             | 0.013*                  | 0.013*                  | 0.012*                 | 0.018*                |
| <i>A.i.</i> carsicus        | 0.137                | 0.137               | 0.139                       | 0.135                   | 0.153                | 0.145                 | 0.064                       |                         | 0.011*                  | 0.008*                 | 0.018*                |
| <i>A.i.</i> car_ital        | 0.137                | 0.131               | 0.141                       | 0.122                   | 0.183                | 0.166                 | 0.059                       | 0.045                   |                         | 0.012*                 | 0.017*                |
| <i>A.i.</i> Осапска         | 0.124                | 0.140               | 0.117                       | 0.123                   | 0.152                | 0.143                 | 0.057                       | 0.026                   | 0.044                   |                        | 0.016*                |
| <i>A.</i> pallipes          | 0.134                | 0.142               | 0.139                       | 0.120                   | 0.182                | 0.171                 | 0.099                       | 0.093                   | 0.081                   | 0.078                  |                       |

Анализом нуклеотидне ратноликости ( $\pi$ ) унутар подврста код 16S rRNA утврђено је да се она налази у границама између 0,4% ( $0,004 \pm 0,002$ ), за подврсту *A.i. italicus* и 1,5 % ( $0,015 \pm 0,004$ ), за подврсту *A.t.* ЈужниБалкан. Код гена COI највећу нуклеотидну разноликост показала је подврста *A.t.* ЈужниБалкан 4,4 % ( $0,044 \pm 0,007$ ), док је најмања вриједност 0,3 % код подгрупе *A. astacus* Бусер и *A.i. car. ital.* ( $0,003 \pm 0,002$ ), (Табела 64).



Табела 64. Нуклеотидна разноликост подврста код 16S rRNA и COI гена

| 16S rRNA                 |       |       | COI                      |       |       |
|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|
|                          | $\pi$ | S.E.  |                          | $\pi$ | S.E.  |
| <i>A. astacus</i>        | 0,009 | 0,003 | <i>A.t.</i> Дунав        | 0,008 | 0,002 |
| <i>A.t.</i> Дунав        | 0,008 | 0,003 | <i>A.t.</i> Купа         | 0,007 | 0,003 |
| <i>A.t.</i> Јужни Балкан | 0,015 | 0,004 | <i>A.t.</i> Јужни Балкан | 0,044 | 0,007 |
| <i>A.t.</i> Плитвице     | n/c   | n/c   | <i>A.t.</i> Плитвице     | n/c   | n/c   |
| <i>A.i. meridionalis</i> | 0,007 | 0,003 | <i>A. astacus</i> Бусер  | 0,003 | 0,002 |
| <i>A. i. carinth</i>     | 0,009 | 0,002 | <i>A. astacus</i> Европа | 0,017 | 0,005 |
| <i>A.i. carsicus</i>     | 0,004 | 0,002 | <i>A.i. meridionalis</i> | 0,022 | 0,005 |
| <i>A. pallipes</i>       | 0,006 | 0,001 | <i>A.i. carsicus</i>     | 0,016 | 0,005 |
| <i>A. i. italicus</i>    | 0,004 | 0,002 | <i>A.i. car. ital</i>    | 0,003 | 0,002 |
|                          |       |       | <i>A.i.</i> Осапска      | n/c   | n/c   |
|                          |       |       | <i>A. pallipes</i>       | n/c   | n/c   |

### 6.9. Анализа степена и фактори угрожености

Табела 65 приказује степен изолације а табела 67 укупну бројност популације као два основна конзервационо значајна елемента. Од шест забиљежених популација *A. torrentium* на подручју Црне Горе и три анализиране популације из Србије имају укупну бројност мању од 1000 (мале популације). Као негативан али значајно конзервациони значајан елемент у популацијама свих константованих врста ракова, запажа се смањен број репродуктивно способних женки. Ова чињеница може бити узрок смањења репродуктивне способности популације и смањења укупне бројности у будућем времену. Осим мале бројности популација константован је и одређен степен просторне изолованости између локалних популација тако и у односу на популације из региона. Потпуно изоловане популације без природне могућности протока гена су популације *A. torrentium* на стаништима Црно језеро, Вражје језеро, Ријека Црнојевића, Техотина, популације *A. astacus* горњи ток ријеке Зете и језеро Бусер, као и популације *A.i. meridionalis* доњег тока ријеке Зете. Из табеле 65. видимо да побројане изоловане популације имају и највећи број специфичности које су конзервационо значајне.

**Табела 65.** Степен Еколошке Специјализација (ES) популација угрожених таксона ријечних ракова *A. torrentium*, *A. astacus*, *A. italicus meridionalis* из Црне Горе и региона

| Фактор/<br>популација               | <i>Austropotamobius torrentium</i> |      |             |               |                   |          |          |             | <i>Astacus astacus</i> |       | <i>A. italicus meridionalis</i> |
|-------------------------------------|------------------------------------|------|-------------|---------------|-------------------|----------|----------|-------------|------------------------|-------|---------------------------------|
|                                     | Лим                                | Тара | Црно језеро | Вражје језеро | Ријека Црнојевића | Ђехотина | Златибор | Топлодолска | Г.Зета                 | Бусер | Д.Зета                          |
| Биотоп, Висина                      | 3                                  | 3    | 5           | 5             | 5                 | 5        | 5        | 3           | 1                      | 1     | 3                               |
| Тип екосистема еколошка зона        | 3                                  | 3    | 5           | 5             | 5                 | 5        | 3        | 3           | 3                      | 3     | 3                               |
| Морфометрија биотопа и амбијент     | 3                                  | 3    | 3           | 3             | 3                 | 3        | 3        | 1           | 3                      | 3     | 3                               |
| Физички фактор                      | 3                                  | 5    | 5           | 5             | 3                 | 3        | 3        | 3           | 3                      | 3     | 3                               |
| Хемиски фактор                      | 3                                  | 5    | 5           | 5             | 3                 | 3        | 3        | 3           | 3                      | 3     | 3                               |
| Исхрана                             | 3                                  | 3    | 3           | 3             | 1                 | 3        | 3        | 3           | 1                      | 1     | 3                               |
| Репродуктивни циклус, систем парења | 3                                  | 3    | 5           | 5             | 3                 | 5        | 3        | 3           | 1                      | 3     | 3                               |
| Животни циклус величина тијела      | 3                                  | 3    | 3           | 3             | 3                 | 3        | 3        | 3           | 1                      | 1     | 3                               |
| Ниво ендемизма                      | 1                                  | 1    | 1           | 1             | 1                 | 1        | 1        | 1           | 1                      | 1     | 1                               |
| Изолација-биотопа                   | 1                                  | 1    | 5           | 5             | 5                 | 5        | 1        | 1           | 3                      | 5     | 5                               |
| Укупан резултат                     | 26                                 | 30   | 40          | 40            | 32                | 36       | 28       | 24          | 20                     | 24    | 29                              |

Добијени резултати утицаја угрожавајућих фактора из акронима “НІРРО” на популације ракова приказаних у Табели 66. су хетерогени. Фрагментација станишта услед изградње већих или мањих брана за потребе водоснабдевања и електричне енергије је најчешћи угрожавајући фактор, посебно на стаништима за популацију *A. torrentium* на Лиму, Ђехотини, Грошници, за популацију *A.i. meridionalis* на доњем току ријеке Зете, а популације *A. astacus* у језеру Бусер и горњем току ријеке Зете. Еутрофизација услед смањеног капацитета воде се јавља такође као значајан угрожавајући фактор, посебно на

локалитетима гдје је присутна *A. i. meridionalis* (доњи ток ријеке Зете), *A. astacus* (језеро Бусер) и *A. torrentium* (Лим и Грошница) (табела 66).

**Табела 66.** Степен „НПРО“ фактора популација угрожених таксона ријечних ракова *A. torrentium*, *A. astacus*, *A. italicus meridionalis* из Црне Горе и региона

| Фактор/популација                  | <i>Austropotamobius torrentium</i> |           |             |               |                   |           |           |           | <i>Astacus astacus</i> |           | <i>A. italicus meridionalis</i> |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------|-------------|---------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|-----------|---------------------------------|
|                                    | Лим                                | Тара      | Црни језеро | Вражје језеро | Ријека Црнојевића | Ђехотина  | Злагибор  | Топлод.   | Г.Зета                 | Бусер     | Д.Зета                          |
| Промјене станишта (без фрагментац) | 3                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 1         | 3         | 3         | 1                      | 3         | 3                               |
| Разарање                           | 1                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 1         | 1         | 1         | 1                      | 1         | 1                               |
| Фрагментација и изолација          | 3                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 3         | 5         | 3         | 1                      | 3         | 3                               |
| Инвазивне врсте Већ                | 1                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 1         | 3         | 3         | 1                      | 1         | 1                               |
| Случајно                           | 1                                  | 1         | 3           | 1             | 1                 | 1         | 1         | 1         | 1                      | 1         | 3                               |
| Намјерно                           | 1                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 1         | 1         | 1         | 1                      | 1         | 1                               |
| Загађење Еутрофикација             | 3                                  | 3         | 1           | 3             | 3                 | 3         | 3         | 3         | 1                      | 3         | 3                               |
| Сапробно                           | 3                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 1         | 3         | 3         | 1                      | 3         | 3                               |
| Токсично                           | 3                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 1         | 1         | 1         | 1                      | 1         | 1                               |
| Органско                           | 1                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 1         | 1         | 1         | 1                      | 1         | 1                               |
| Радиоактивно                       | 1                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 1         | 1         | 1         | 1                      | 1         | 1                               |
| Комбиновано                        | 3                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 1         | 1         | 1         | 1                      | 1         | 1                               |
| Раст популације-брзо               |                                    |           |             |               |                   |           |           |           |                        |           | 5                               |
| Умјерено                           | 3                                  | 3         | 3           | 1             | 3                 | 3         | 3         | 3         |                        | 3         | 3                               |
| Стагнацијаили пад                  |                                    |           |             |               |                   |           |           |           | 1                      |           |                                 |
| Експлоатација Антропогена          | 1                                  | 1         | 1           | 1             | 1                 | 1         | 1         | 1         | 1                      | 5         | 3                               |
| Природна                           | 3                                  | 3         | 1           | 1             | 1                 | 3         | 3         | 3         | 3                      | 3         | 3                               |
| Укупан резултат                    | <b>30</b>                          | <b>21</b> | <b>23</b>   | <b>21</b>     | <b>23</b>         | <b>24</b> | <b>31</b> | <b>29</b> | <b>17</b>              | <b>31</b> | <b>31</b>                       |

Резултати посредних генетичких фактора добијени су анализом фенотипских карактеристика популација (морфометрија) и процјене укупне бројности популације у истраживаном екосистему (N) приказани су у табели 67. Резултати су индикативни јер указују на знатне разлике како на истраживаном подручју тако и у односу на популације из сусједних региона (Италија, Хрватска, Србија). Бројност популације (укупан резултат) као један од основних фактора у процјени степена угрожености према IUCN (IUCN 2001,2003), узет је као посредан и веома индикативан.

**Табела 67.** Генетички фактор (GF) популација: *A. torrentium*, *A. astacus*, *A. italicus meridionalis*, ниво генетичке специфичности, приоритетне конзервационе јединице ECU +

|                      | <i>Austropotamobius torrentium</i> |      |           |             |                   |          |          |          |             | <i>Astacus astacus</i> |          | <i>A.i. meridionalis</i> |
|----------------------|------------------------------------|------|-----------|-------------|-------------------|----------|----------|----------|-------------|------------------------|----------|--------------------------|
|                      | Лим                                | Тара | Црно јез. | Вражје јез. | Ријека Црнојевића | Ђехотина | Грошница | Златибор | Топлодолска | Г.Зета                 | Бусер    | Д.Зета                   |
| Филогенија           | 1                                  | 1    | 1         | 1           | 1                 | 1        | 1        | 1        | 1           | 1                      | 3        | 1                        |
| Генетички диверзитет | 1                                  | 1    | 1         | 1           | 1                 | 1        | 1        | 1        | 1           | 1                      | 3        | 1                        |
| Морфометрија         | 3                                  | 3    | 3         | 3           | 3                 | 3        | 3        | 3        | 3           | 3                      | 5        | 5                        |
| N број               | 1                                  | 1    | 5         | 5           | 5                 | 5        | 3        | 1        | 1           | 1                      | 3        | 1                        |
| Укупан резултат      | 6                                  | 6    | 10        | 10          | 10                | 10       | 8        | 6        | 6           | 6                      | 14       | 8                        |
| Ниво специфичности   | мала                               | мала | значајна  | значајна    | значајна          | значајна | значајна | мала     | мала        | мала                   | значајна | значајна                 |
| ECUp                 |                                    |      | +         | +           | +                 | +        | +        | -        | -           | -                      | +        | -                        |

Резултати процене ризика изумирања и приоритета конзервације на основу нове формулације модела приказане су у табели 68. Тако се у табели види јасна разлика у коначним резултатима модела када се он користи без и са додатком генетичких фактора (GF).

На примјеру *A. torrentium* виде се и друге особине модела, наиме у одређивању примарних ECU подједнак значај имају све три цјелине модела (ES, HIPPO и GF), односно да су GF значајни али не увијек и одлучујући. Тако се на основу табеле 68. види да максимум бодова (PC=75), а самим тим и највећи приоритет конзервације има популација *A. torrentium* у ријечи Грошници чија је бројност већа од 1000 и која има мање бодова за GF у односу на друге конзервационо значајне популације ове врсте али је под снажним притиском фактора “HIPPO” (максималан број бодова).

**Табела 68.** Процена ризика изумирања и приоритета заштите популација ракова из фам. Astacidae, помоћу модела ESHIPPO са и без генетичких фактора (GF).

|                   | Врста        | ES | HIPPO | GF | ES + HIPPO | PC       | ES+HIPPO +GF | PC          |
|-------------------|--------------|----|-------|----|------------|----------|--------------|-------------|
| Ријека Лим        | <i>A.t.</i>  | 26 | 30    | 6  | 56         | мала     | 62           | умјерена ** |
| Ријека Тара       | <i>A.t.</i>  | 30 | 21    | 6  | 51         | мала     | 56           | мала        |
| Црно језеро       | <i>A.t.</i>  | 40 | 23    | 10 | 63         | умјерена | 73           | умјерена    |
| Вражје језеро     | <i>A.t.</i>  | 40 | 21    | 10 | 61         | умјерена | 71           | умјерена    |
| Ријека Црнојевића | <i>A.t.</i>  | 30 | 23    | 10 | 55         | мала     | 65           | умјерена    |
| Њехотина          | <i>A.t.</i>  | 36 | 24    | 10 | 60         | мала     | 70           | умјерена    |
| Грошница          | <i>A.t.</i>  | 36 | 31    | 8  | 67         | умјерена | 75           | умјерена    |
| Златибор          | <i>A.t.</i>  | 28 | 29    | 6  | 57         | мала     | 63           | умјерена    |
| Топлодолска       | <i>A.t.</i>  | 24 | 17    | 6  | 41         | мала     | 47           | мала        |
| Горњи ток Зета    | <i>A.a.</i>  | 20 | 31    | 6  | 51         | мала     | 57           | мала        |
| Бусер             | <i>A.a.</i>  | 24 | 31    | 14 | 55         | мала     | 69           | умјерена    |
| Донји ток Зета    | <i>A.i.m</i> | 29 | 31    | 6  | 60         | мала     | 66           | умјерена    |

## 7. ДИСКУСИЈА

На подручју Црне Горе до сада није детаљно проучавана распрострањеност ријечних ракова из породице Astacidae. Подаци који постоје односе се на таксономију појединих врста Караман, (1929); Karaman (1961, 1962, 1963) и на одрживо коришћење врсте *A. astacus* Рајковић, (2007).

Врста *A. torrentium* у Црној Гори је почела да се истражује од 2007 године и истраживања су допринијела бољем познавању њезине биологије и екологије. У Европи је ова врста забиљежена на надморској висини 310 - 820 м (Bohl, 1987a); (Renz и Breithaupt, 2000) док се у Црној Гори налази на висини од 600 - 950 м, мада је ова врста нађена у Црној Гори и у низији на надморској висини од 40 м, као и у високим планинским предјелима од 1422 мнв. Bohl, (1987 b) сматра да су ракови истиснути са својих природних станишта у низијама на више надморске висине због антропогеног фактора на њихова станишта што у Црној Гори није потврђено јер је већина ових екосистема пролази кроз насељени дио. Просјечне дубине екосистема у којима је истраживана врста *A. torrentium* кретале су се од 0,40 м до 1,32 м, зависно од екосистема. Ширине корита ријека варирале су од 35 до 140 м док у језерима од 250 - 810 м. У свим екосистемима приобална вегетација је присутна и креће се од 30-80 % што показује да сви екосистеми нуде раковима мноштво потенцијалних мјеста за склониште (корење приобалне вегетације) и представљају добро станиште за живот јединки ове врсте, јер као што је познато живот ракова је јако повезан са структуром дна екосистема (Bohl, 1987a; Laurent, 1988). Физичко - хемијски параметри воде су јако важни и утичу на активност ријечних ракова током године. Просјечне вриједности концентрације кисеоника у води кретале су се у свим екосистемима од 10,35 – 11,26 mg/dm<sup>3</sup>. Слатке воде с концентрацијама кисеоника изнад 4 mg/dm<sup>3</sup> погодне су за живот ријечних ракова (Hogger, 1988). Измјерене вриједности рН биле су од 7,3 – 8,66 што је у складу са оптималним рН вриједностима од 5,7 – 8,6 за врсту *A. torrentium* (Bohl, 1987a). Температуре воде су у периоду истраживања биле од 11 – 15<sup>o</sup> С. Што је виша температура воде то је

мања концентрација гасова у води, такође повећава покретљивост јединки и подиже њихов метаболизам па је и могућност њиховог улова већа при вишим температурама (Ackefors, 1999). Високе вриједности засићеног кисеоника у води указују да је ријеч о природно незагађеним водама, што потврђују и ниске вриједности за утросак  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{BPK}_5$ . У току истраживања није регистровано присуство амонијака (Табела 8). Популација ријечних ракова врста *A. torrentium* на истраживаним локалитетима има релативно стабилну узрасну структуру али је мали број јединки у вишим узрасним групама. Највећа заступљеност ријечник ракова у свим локалитетима је у дужинским групама од 41 - 80 мм, док већих ракова има само у ријеци Тари и то 2,3% у дужинској групи од 81 - 100 мм. Кад удружимо све податке видимо да у узорку преовладавају мужјаци ( м : ж = 55% : 45%) што је вјероватно последица чињенице да су у периоду истраживања женке су носиле јаја па су биле мање активне (Streissl и Hodl, 2002); (Maguire *et al.*, 2002). Полна структура показује врло интересантну дистрибуцију по групама, женке су углавном на свим испитиваним локалитетима знатно бројније у мањим, односно млађим групама, и бројност им опада са старашћу. Употреба морфометриских карактеристика за идентификацију појединих врста слатководних ракова разрађена је у детерминациским кључевима, али је добро познато да се разлике у морфологији ракова могу појавити не само међу различитим врстама већ и у одвојеним популацијама исте врсте и то као адаптација на услове станишта (Grandjean и Souty-Grosset, 2000); (Sint *et al.*, 2005). Најдужи мужјак имао је 97,1 мм, а најдужа женка 86,6 мм што је у складу са распоном од 60 - 90 мм за женке, и 80-100,5 мм за мужјаке који се наводи у литератури (Laurent, 1988), као и са вриједностима које је забиљежила Maguire, (2002). Највише статистичких значајних разлика између популација врсте *A. torrentium* женки утврђено је упоређујући морфометриска обиљежја клијешта као и ROW и ARL (на карапаксу), а код мужјака клијешта и облик карапакса. Облик клијешта био је најзначајнији карактер у дискриминантној анализи. Ови резултати се слажу с резултатима Sint *et al.*, (2006, 2007) гдје је такође обиљежје клијешта и цефалоторакса има најбитнију улогу у дискриминантној анализи. Облик и величина роstrума који су се показали битним

обиљежјама за дискриминацију популације слатководних ракова (Maguire *et al.*, 2003); (Sint *et al.*, 2005) у нашим истраживањима су се показале битним само код код женки. Статистички значајна разлика за обиљежје роstrума показала се само међу неким популацијама (Тара, Ријека Црнојевића и Вражје језеро). Након дискриминантне анализе јединке свих популација су процентуално класификоване. Пораст процента класификације повећањем географске удаљености међу популацијама коју су забиљежили Sint *et al.*, (2005, 2007) је такође запажена у овом истраживању.

Врста *A. pallipes* је распрострањена у средишњем – централном дијелу Црне Горе у доњем току ријеке Зете у областима гдје преовлађује кречњак. Бројност популације ове врсте ракова у Европи је значајно смањен, углавном због избијања куге, али такође и због деградације станиста (Bernardo *et al.*, 1997; Holdich and Rogers, 1997; Alonso *et al.*, 2000; Füreder *et al.*, 2002). У Хрватској је недавним истраживањем (Maguire, 2011) процијењен нестанак 60% популације *A. pallipesa*. Наша недавна истраживања показала су да је *A. pallipes* распрострањен само у доњем току ријеке Зете. Неколико аутора је покушало у прошлости ријешити таксономију ових ракова на основу разлике у морфолошким карактеристикама. Унутар врсте *A. pallipes* Bott, (1950) разликује три подврсте на основу морфолошких критеријума. Насупрот њему Караман, (1961), разликује двије врсте, *A. pallipes* и *A. italicus*, међутим он одлази и корак даље те врсту *A. italicus* дијели на три подврсте: *A.i.italicus*, *A.i. lusitanicus* и *A.i. carsicus* чији се ареал простире на крашком подручју некадашње Југославије. У скорије вријеме, напредком молекуларно филогенецких метода Grandjean *et al.*, (2000) на основу генетичке удаљености дијели врсту *A. pallipes* на *A. pallipes* и *A. italicus*. У истом раду аутори врсту *A. italicus* дијеле на три подврсте и то: *A. i. italicus*, *A.i.carinthiacus* и *A.i. carsicus*. Fratini *et al.*, (2005) такође разликује двије врсте *A. pallipes* и *A. italicus*. Врсту *A. italicus* дијели на три подврсте и то: *A. i. italicus*, *A.i. carinthiacus* и *A.i. carsicus* те им прикључује и четврту подврсту *A.i. meridionalis* чији се ареал простире на јужном дијелу Апенинског полуострва затим хаплотип из Словеније, Хрватске а ова истраживања показују да је распрострањена и у Црној Гори. *A. italicus meridionalis* има заједнички хаплотип са



далматским популацијама и групишу се са Италијом.

Племенити рак *A. astacus* је наш највећи представник поточних ракова. Нађен је у горњем току ријеке Зете на шљунковитим стаништима обраслим вегетацијом и акумулацијама. Воде Црне Горе, а прије свих воде Никшићког региона представљају једну од ријетких оаза здраве популације племенитог ријечног рака *A. astacus*. Међутим, на основу истраживања и на овом простору дошло је до значајног смањења бројности у појединим локалитетима, због неконтролисаног излова. У Европи се сматра угроженом врстом и смјештен је на црвеној листи. (IUCN 2012). У Словенији појавом рачје куге почетком 20 вијека преполовила се популација ракова посебно *A. astacus* и никада више се није опоравила. У Хрватској је заштићен законом, док је у Србији станиште ове врсте знатно редуковано у односу на податке који су спорадично приказани у плановима за унапређење рибарства из 1986. год. (Janković, 1996). Међутим, у Црној Гори су веома бројне популације ове врсте и користи се у комерцијалне сврхе. Наша истраживања су показала да је и на овом простору дошло је до значајног смањења бројности у појединим локалитетима. Резултати досадашњих истраживања упућују на то да се физичко – хемијски параметри истраживаних водених екосистема подударају с физичко – хемијским параметрима вода у којима је нађена врста *A. astacus* код нас у Црној Гори Westin и Gydemo, 1995; Bohl, 1987a; Ackefords, 1999; Nystrom, 2002). Познато је да варијабилност еколошких параметара у времену и простору важна карактеристика водене средине и битно утиче на водене организме (Giller и Twomey, 1993); (Tovnsed *et al.*, 1997). Оптимална температура за раст и опстанак ријечног рака је јако промјенљива и може варирати од врсте до врсте за неколико степени (Nyström, 2002; Whitledge и Rabeni, 2003); (Paglianti и Gherardi, 2004). Температура утиче на различита понашања код ријечног рака, као што су пресвлачења, раст, преживљавање младих и репродукција. На примјер, *A. astacus* је за успјешну репродукцију (Abrahamson, 1966, 1971) и за развој јаја (Pérez *et al.*, 2003) потребно да температура током најмање 3 мјесеца буде изнад 15 °C. Истраживања су показала да у нашим екосистемима температура воде је изнад 15 °C у периоду када женке носе јаја. Дрastiчне промјене у температури могу довести до прекида

пресвлачења, што обично доводи до смрти ријечног рака услед термалног шока (Nakata *et al.*, 2002). Abrahamsson, (1966) је уочио да хладно љето утиче на смањење раста код *A. astacusa* у поређењу са нормалним љетњим температурама. При нормалним температурама тежина се повећава око 31% више него током хладних година. Брзи пораст промета метаболизма код *A. astacusa* се показао при температурама између 15 и 20° С (Kristiansen and Hessen, 1992). Чини се да су високе температуре веома важне за високе стопе раста (Kristiansen и Hessen, 1992) али превисоке температуре могу бити стресне. У умјереним подручјима период раста је ограничен на топлије љетње мјесеце у години и пад температуре и свјетлости током јесени покреће почетак сезоне парења (Jonsson и Edsman 1998). Дубинска дистрибуција ријечног рака у језерима такође може зависити од температуре. Skurdal *et al.*, (1988) су уочили да племенити рак *A. astacus* био ограничен на плиће дјелове изнад термоклине током љетњих мјесеци. Интензитет свјетлости такође утиче на понашање ријечног рака и изгледа да има подређену улогу у регулисању репродукције и понашања (Westin и Gydemo, 1986). Популације ријечних ракова *A. astacus* на истраживаним локалитетима имају релативно стабилну узрасну структуру али је мали број женки у већим узрасним класама (121-140 мм). На свих шест истраживаним локалитетима на ријеци Зети најзаступљенија је била дужинска група од 80 -100 мм са неких 28, 3 %. Док у акумулацији Ливеровићи на двије истраживане тачке проценат у нистој дужинској групи био је око 40%. У овом екосистему проценат старијих јединки био је много већи за разлику од млађих јединки. У сваком случају може се констатовати да је мали број женки које су веће од 100 мм. Заступљеност женки на локалитету Капино поље на ријеци Зети дужинске групе од 140-160 мм пада чак на 10%, док у акумулацијама Слано и Крупац исте те дужинске групе заспуљеност је од 20-30%. Ово одмах наводи на закључак да се на овим локалитетима ова популација интензивно експлоатише. Однос за лов приспјелих јединки и не одговарајућих у ријеци Зети показује да ће се у наредном периоду ова популација моћи експлоатисати. На једном од локалитета је утврђено да је максимална бројност око 164 јединке (збир јединки које су приспјеле за лов и које ће приспјети за годину дана) одговарајућих (преко 100 мм дужине) за лов на 100

м<sup>2</sup>, погодног терена, док је на другом износио свега 24 јединке. У оба случаја однос ловног дијела популације и осталог био је приближно једнак. Резултати Т-теста између мужјака и женки врсте *A. astacus* из Црне Горе показују да се разликују у величини и облику клијешта, затим у дужини роострум, тежини и тотална дужини. Док Т-тест јединки из Србије показују да се мужјаци и женке статистички разликују у величини и облику клијешта као дужини роострум. Мужјаци по правилу имају већа клијешта и мањи абдоминални дио од женки (Lindqvist и Lathi, 1983; Skurdal и Taugbøl, 2002), наша истраживања су показала да се мужјаци и женке разликују и у Црној Гори и у Србији по величини и облику клијешта. Међутим анализа варијансе (ANOVA) код мужјака из Црне Горе и Србије показују разлике у величини клијешта као и у величини цефалоторакса и карапакса док код женки анова показује статистичку разлику у дужини роострум као и у тоталној дужини и тежини тијела. На крају смо упоредили мјерена морфометриска обиљежја између врсте *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus*. Као и што смо очекивали анализа варијансе је показала да се врсте статистички значајно разликују по свим морфометриским обиљежјима код женки. Код мужјака статистички значајне разлике није било код неколико морфометрских обиљежја карапакса и абдомена. Дискриминанатна анализа и код мужјака и код женки показују јасно раздвајање врсте *A. torrentium* док се и женке и мужјаци *A. astacus* и *A. pallipes* преклапају. Могуће да су томе допринијели и еколошки услови, собзиром да је *A. torrentium* у екосистемима на већим надморским висинама и водама које припадају Црноморском сливу, то мало преклапање са осталим врстама доприноси узорци из Ријеке Црнојевића која припада Јадранском сливу ком припадају и друге двије врсте. Морфометрију ракова истраживали су Saila *et al.*, (1969); Schulz Kirchlehner, (1984); Huner, Lindqvist и Kononen, (1995); Grandjean *et al.*, (1997); Grandjean и Souty-Grosset, (2000); Streissl и Hödl, (2002), али већина тих истраживања бавила се углавном полним диморфизмом и промјене тјелесне масе у почетку зрелости. Наши резултати о морфолошким карактеристикама племенитог, бјелоногог и каменог рака произлазе из различитих популација показују да постоје разлике не само у већ познатој разлици пола Grandjean *et al.*, (1997); Grandjean и Souty-Grosset,

(2000); Streissl и Hödl, (2002), него и међу популацијама или географским подручјима унутар врсте.

Врста *P. fluviatilis* је распрострањена у Италији од језера Гарда на сјеверу, до Сицилије на југу као и западни дио Балканског полуострва - од јужне Далмације преко Црне Горе, Албаниј, Македоније до Грчке на југу. У Македонији је распрострањен у Охридском језеру и систему ријеке Дрим. Живи у потоцима и притокама језера, са Албанске стране га има у Скадарском језеру као и у Црној Гори у Скадарском и Шаском језеру као и ријечи Бојани, затим ријечи Жељезници која се улива у море (Караман, 1976).

Филогенетском анализом потврђено је да популације ракова на овом подручју припадају европским родовима *Astacus* и *Austropotamobius*. Популације рода *Austropotamobius* припадају врстама *A. torrentium* и *A. italicus*. У филогенетском смислу популације *A. torrentium* су углавном хомогене и припадају филогеографској групи која је означена као “Јужни Балкан” (посебно према 16S гену). У оквиру ове хаплогрупе запажа се да је популација (која припада Јадранском сливу) из Ријеке Црнојевића еволуционо најстарија посебно на основу анализе секвенци COI гена. Популација *A. italicus* припада хаплогрупи, односно подврсти меридионалис. Овај налаз је допуна досадашњим сазнањима о таксономији, филогенији и дистрибуцији комплекса врста *Austropotamobius pallipes/italicus* (Karaman, 1961, 1963 (Grandjean *et al.*, 2000); (Fratini *et al.*, 2005; Zaccara *et al.*, 2005; Trontelj *et al.*, 2005); (Cataudella *et al.*, 2006). Према Cataudella *et al.*, (2010) подврста *A.i. meridionalis* насељава хрватску обалу Јадранског мора, границу Италије са Словенијом и више јужне делове Италије. Налаз популације ове подврсте на подручју Црне Горе представља нов налаз и уједно крајњи јужни дио ареала распрострањења ове подврсте на Балканском полуострву. Посебно је значајна а вероватно и аутохтона хаплогрупа-хаплотипа Бусер врсте *A. astacus* из Србије и која је еволуционо старија у односу на друге популације на Балкану и Европи које су више хомогене и припадају хаплогрупи Дунав. Тој хаплогрупи дунав припада и популација *A. astacus* из Црне Горе. Генецка сличност популације *A. astacus* из Црне Горе у горњем току ријеке Зете која припада Јадранском сливу и популација из Хрватске је

собзиром на географску удаљеност и изолацију не очекивана и указује на могућност да је популација врсте *A. astacus* у Црној Гори антрипогеног поријекла. У прилог овоме треба додати истраживања дистрибуције ракова у Хрватској (Maguire *et al.*, 2003) у коме се каже да популације *A. astacus* примарно насељавају ријеке Црноморског слива а да су у воде Јадранског слива унешене у процесу порибљавања (антропогено). Анализом нуклеотидне разноликости ( $\pi$ ) унутар хаплогрупе код 16SrRNA утврђено је да се *A. astacus* налази у границама између 0,9% ( $0,009 \pm 0,003$ ). Код гена COI највећу вриједност нуклеотидне разноликости показала је хаплогрупа *A. astacus* Европа 1,7% ( $0,017 \pm 0,005$ ) док је најмања вриједност код хаплогрупе *A. astacus* Бусер 0,3 % ( $0,003 \pm 0,002$ ). Овако мала нуклеотидна разноликост указује на еволуциски старију у односу на друге популације (Табела 64). Код хаплогрупе *A.t.* Дунав нуклеотидна разноликост је 0,8% ( $0,008 \pm 0,003$ ) док хаплогрупа *A.t.* Јужни Балкан је 1,5 % ( $0,015 \pm 0,004$ ), код 16S rRNA. Међутим код COI гена нуклеотидна разноликост за *A.t.* Дунав је 0,8 % ( $0,008 \pm 0,002$ ), а хаплогрупа *A.t.* Јужни Балкан 4,4% ( $0,044 \pm 0,007$ ) ту имамо још хаплогрупу *A.t.* Купа 0,7% ( $0,007 \pm 0,003$ ).

У скорије вријеме, напретком молекуларно филогенетских метода, Grandjean *et al.*, (2000) на основи генетичке удаљености ( $\pi$ ) гена за 16S rRNA од 4,6% ( $0,046 \pm 0,009$ ) између двије велике хаплогрупе, предлажу подјелу комплекса врсте *A. pallipes* на двије одвојене врсте – *A. pallipes* и *A. italicus*. Надаље, у истом раду унутар врсте *A. italicus* аутори на темељу молекуларно филогенетских доказа дефинирају три подврсте *A.i. italicus*, *A.i. carinthiacus* и *A.i. carsicus*. Темељем генетичке удаљености истог гена од 3,5% ( $0,035 \pm 0,006$ ) Fratini *et al.*, (2005) такође разликују двије врсте: *A. pallipes* и *A. italicus* и слично као и Grandjean *et al.*, (2000) врсту *A. italicus* дијеле на исте три подврсте (*A.i. italicus*, *A.i. carinthiacus*, *A.i. carsicus*) те им прикључују и четврту подврсту – *A.i. meridionalis* чији се ареал простире на читавом јужном дијелу Апенинског полуострва те јој је придружен и један хаплотип из Словеније. Zaccara *et al.*, (2005) на темељу генетичке удаљености између хаплогрупа од 6,51%  $\pm$  0,42% потврђују резултате других истраживања, али користећи се COI маркером. Њихови резултати указују на постојање двије подврсте у оквирима врсте *A. italicus* на релативно

малом истраженом подручју састава ријеке По у Италији.

Из наших резултата можемо видјети да је *A. astacus* из Црне Горе генетски готово идентичан свим другим (мала нуклеотидна разноликост). У Црној Гори живи *A. italicus* (подврста *meridionalis*) којег има уз јадранску обалу и у великом дијелу Италије. *A. torrentium* из ријеке Црнојевића припада хаплогрупи коју је Trontelj (2005 назвао Southern Balkans и из које су потекли *torrentiumi* у дунавском сливу (већи дио Европе). *A. torrentium* из Србије такође припада тој скупини. Анализа маркера 16S rRNA показала је јасно диференциране хаплогрупе (табела 46.) од којих четири хаплогрупе чине таксон *A. italicus*, док засебну представљају таксони *A. pallipes*, *A. torrentium* и *A. astacus*. Ареал распрострањења хаплогрупе Балкан ограничен је на подручје Динарида с једне и подручје централног и јужног дијела Италије, с друге стране. Анализом истраживања које су спровели Fratini *et al.*, (2005) видљиво је да се ареал подврсте коју аутори називају *A. italicus meridionalis* поклапа с ареалом неколико хаплотипова унутар хаплогрупе Балкан. Оваква генетска блискост може се објаснити сувоземном везом која је владала између Балканског и Апенинског полуострва током повлачења нивоа Јадранског мора за вријеме Месинске кризе. У прилог тој теорији иде и занимљив налаз хаплотипа пронађеног у Словенији којег Fratini *et al.*, (2005) сврставају под подврсту *A. italicus meridionalis*. До даљњег нејасно остаје да ли су хаплотипови пронађени на Апенинском полуострву погрешно сврстани у подврсту *A. italicus meridionalis*, односно да ли би ипак било природније да спадају под подврсту *A. i. carsicus* коју описује Karaman, (1961), а потврђују Grandjean *et al.*, (2000) и Fratini *et al.*, (2005) или су сви хаплотипови балканског дијела хаплогрупе Балкан ипак у ранијим истраживањима криво детерминисани као *A. italicus carsicus*, а требали би, сходно својим генетичким обиљежјима, бити названи *A. italicus meridionalis*. Било како било, чињеница је да су апенински и балкански хаплотипови дио хаплогрупе Балкан показали високи ниво филогенетске сродности те је за очекивати да буду једна подврста. Хаплогрупа Запад представља скупину хаплотипова који се могу сврстати у јединствену врсту *A. pallipes*. Резултати у овом дијелу истраживања готово се у потпуности поклапају са резултатима који су добивени у другим сличним истраживањима

(Grandjean *et al.*, 2000; Fratini *et al.*, 2005; Zaccara *et al.*, 2005). Граница разграничења ареала врсте *A. pallipes* и *A. italicus* у случају овог истраживања је нешто западније него ли то наводи Zaccara *et al.*, (2005). што је највјероватније последица тога што у том истраживању није био присутан узорак који је у овом случају минимално помјерио границу према западу. Анализа COI маркера (табела 46) је показала да унутар врсте *A. astacus* постоје двије хаплогрупе. Хаплогрупа Европа у коју спадају јединке из Црне Горе и дијели хаплотипове с популацијама *A. astacus* из Дунавског слива (ниске вриједности разноликости и удаљености). Док *A. astacus* из Србије тј. језеро Бусер има јединствен хаплотип те су јединке вјероватно старије од других. Врста *A. torrentium* има четири хаплогрупе. Хаплогрупу јужни Балкан чине јединке из Црне Горе и Србије, јединке из Хрватске имају посебну хаплогрупу.

У циљу прецизније процене ризика изумирања и приоритета конзервације диверзитета водених екосистема на националном нивоу, моделу „ES-NIPPO” (Simić *et al.*, 2007) додати су параметри под називом: генетицки фактори (GF). Овако допуњен модел примењен је на нивоу популација глобално угрожених врста/подврста ракова уз фамилије Astacidae (*A. torrentium*, *A. italicus* и *A. astacus*). Значај и одлучујућа улога GF (посебна хаплогрупа-хаплотип – COI ген, смањен генетички диверзитет, велике разлике у морфометрији) у одређивању приоритета конзервације на основу нове концепције модела, добро се види на примјеру популације *A. astacus* језеро Бусер (GF = 14 бодова), која насељава екосистем ријеке и микроакумулације “Бусер” (Србија). Модел на основу података прецизно указује на приоритет конзервације ове популације у односу на популацију “*A. astacus* из горњег тока ријеке Зете у Црној Гори (која је веома бројна и стабилна, (Rajković, 2004, 2007). На основу резултата модела популација *A. astacus* језеро Бусер се због укупно изражених специфичности може сматрати примарном ECU за *A. astacus* на цијелом подручју Црне Горе и Србије. Резултати модела указују и да популација *A. italicus меридионалис* на подручју Црне Горе има карактеристике примарне ECU, посебно због високе вредности фактора “NIPPO” али и због “GF” (значајне разлике у морфометрији у односу на популације у региону), као и због чињенице да се ради о рубној популацији у ареалу распрострањења комплекса *A. pallipes / italicus* на Балканском



полуострву. Нови концепт модела омогућава да се сумирањем нивоа конзервације примарних ECU, а то су све оне које имају умјерени РС, процјени и секундарна ECU на нивоу врсте или подрврсте на истраживаном подручју. У овим истраживањима види се да од 9 популација *A. torrentium* 7 имају умјерен ниво ризика и приоритета (>50%) што указује да се на подручју Западног Балкана (територије Црне Горе и Србије) ова врста треба сматрати угроженом. Овакав резултат је допринос глобалном статусу ове врсте која је према бази IUCN из раније категорије “VU” (IUCN 2006) пребачена у “DD” (IUCN 2010). Резултати модела јасно указују на лоше стање и низ конзервационих специфичности најбројније популације врсте *A. astacus* на подручју Србије, која се зато јасно издваја и означена као ECU<sub>p</sub>. Када се овај резултат упореди са резултатима ранијих истраживања (Simić *et al.*, 2007, 2008) види се да и стара верзија модела (без GF) указује на критичан ризик од изумирања *A. astacus* на подручју Србије али на нивоу врсте, што је сврстава у категорију EN у односу на глобални ниво VU (IUCN 2006, 2010). У основи сличне, са аспекта истицања значаја познавања генетичких фактора и дефинисања ECU у конзервацији ракова у својим истраживањима заступају и Trontelj *et al.*, (2005), Fratini *et al.* (2005), Cataudella *et al.* (2006, 2010). У конзервацији риба Wood and Gross, (2008), водоземаца Bonin and Nicole, (2007), Becker and Layola, (2008) и других животиња Olivieri *et al.*, (2008). При чему се у већини радова истиче да добијене генетичке информације ECU указују на могућност или немогућност различитих конзервационих техника као што су обнављање веза између популација (успостављање коридора) или ако је то немогуће транслокација јединки са циљем спечавања губитка генетичке варијабилности изолованих популација или пак ништа од овога уколико се процени могућност појаве аутбридинг депресије и других негативних последица. Нова концепција модела резултат је искустава примене старе верзије у пракси и неких нових сазнања у конзервацији биодиверзитета. Нова верзија модела се посебно ослања на резултате истраживања која дефинишу Елементарне Конзервационе Јединице (ECU). У вези са овим Waples, (1991) за примарни циљ програма конзервације сматра битним дефинисање Еволуционо значајне јединице (ECU). Cataudella *et al.*, (2010) при анализи популација ракова комплекса *A. italicus* у региону Marches (Италија)



сматра да ECU које су демографски и генетички независни могу бити одредјене као посебне менаџмент јединице конзервације (MUs, Moritz 1994). При чему конзервациони напор треба да буде фокусиран на изоловане популације једног хаплотипа пре него на мјешовите популације. У случају наших истраживања конзервације ракова на подручју Западног Балкана применом новог концепта модела ES-NIPPO у великој мери су обједињена наведена искуства при дефинисању ECU. Нови приступ изнијет у овом раду односи се на практичну примену модела која омогућава да се препозна и квантитативно вреднује Елементарна јединица конзервације (ECU), а што омогућава њихову селекцију у смислу приоритета конзервације на националном нивоу. Добијени резултати новог концепта модела указују да је додавањем сета GF добијен нов квалитет и да ови фактори имају значајног утицаја на коначну процену ризика изумирања и приоритета конзервације диверзитета копнених вода. У овом случају на примеру ракова у висе од 50% случајева добијен је виши ниво ризика и приоритет конзервације у односу када се модел користи без GF. Модел у свом комплексу информација не нуди само мерење фактора ризика и приоритета конзервације већ омогућава да се анализом фактора GF, ES и/или NIPPO изабере најнегативнији и тиме предузме систем економски најрационалнијих мера у циљу смањењења трошкова конзервације. Овакав став у својим истраживањима промовишу Wood and Gross, (2008) на примеру конзервације Атланског лососа у језеру Онтарио као и Schneider *et al.*, (2010) на примеру конзервације карибуа (*Rangifer tarandus*) у Алберти (Канада). Организована експлоатација ракова врсте *A. astacus* обавља се од стране концесионара из Шведске из горњег тока Зете (Црна Гора). Истраживања Rajković, (2004,2007); Simić *et al.*, (2008) указују на оптимално коришћење ове популације али и на опрез и потребу сталног мониторинга јер је константован смањен број репродуктивно способних женки може да доведе до пада бројности популације у наредном периоду. У 56,4% случајева добијен је већи ниво ризика од изумирања популација ракова на локалном нивоу у односу на ниво који се добија без корисцења GF. Из добијених резултата се на основу укупног броја бодова осим нивоа ризика изумирања види и приоритет конзервација примарних ECU.

## 8. ЗАКЉУЧЦИ

На темељу спроведених истраживања видимо да су на подручју Црне Горе присутне су четири врсте Decapodnih слатководних ракова. Три су врсте из породице Astacidae и то: *Astacus astacus* (ријечни, племенити рак), *Austropotamobius pallipes* (бјелоноги рак), са подврстом *Austropotamobius italicus meridionalis*, и *Austropotamobius torrentium* (рак камењар, поточни рак), док врста *Potamon fluviatilis* (слатководна краба) припада породици Potamidae. За сада није утврђено присуство алохтоних америчких ни аустријских врста слатководних ракова.

По први пут се у Црној Гори детаљно ради дистрибуција слатководних ракова као и њихова биологија, екологија и филогенија.

Резултати истраживања физичко – хемијских параметара воде показују да су воде у Црној Гори природно незагађене што потврђују високе концентрације раствореног кисеоника као и присуство слатководних ракова у њима који представљају индикаторе чистих вода.

Узрасна структура врсте *A. torrentium* показује да је најзаступљенија дужинска група од 41-80 мм. Женке су бројније у нижим односно мањим дужинским групама и да са старашћу њихова бројност опада. Резултати морфометриске анализе показују да се мужјаци и женке код врсте *A. torrentium* разликују у већини мјерених морфометријских обиљежја те да се и свих шест проучаваних популација могу разликовати на темељу анализе морфометријских обиљежја.

Узрасна структура врсте *A. pallipes* показује да је најзаступљенија дужинска група од 80 - 100 mm, и да је у тој дужинској групи однос полова приближно једнак гдје у већој дужинској групи преовладавају мужјаци. Т- тест морфометрије показује да се мужјаци и женке разликују само у неким морфометријским обиљежјама.

За врсту *A. astacus* најзаступљенија дужинска група од 80-100 мм, ловљени су ракови тоталне дужине до 160 mm. Морфометријски се разликују у неким морфометријским

обилежјима али су кључни облик и величина клијешта, такође исто и са врстом из Србије облик и величина клијешта, као и карапакс код мужјака, а код женки у дужини роострум као и у тоталној дужини и тежини. итд. Исти су резултати добивени и анализом варијансе.

Упоређивањем морфометриских обилежја код врста *A. torrentium*, *A. pallipes*, и *A. astacus* показало је да се врсте међусобно разликују у скоро свим мјереним обилежјима и да је дискриминантна анализа показала да је се врста *A. torrentium* у великој мјери одваја док се *A. pallipes* преклапа са врстом *A. astacus*. Њиховом преклапању предпостављамо да доприносе и сами еколошки услови собзиром да те двије врсте припадају Јадранском сливу а врста *A. torrentium* Црноморском сливу са изузетком локалитета Ријека Црнојевића која такође припада Јадранском сливу а која је насељана врстом *A. torrentium*.

Код врсте *P. fluviatilis* утврђена је дистрибуција као као и узрасна структура, гдје је била најзаступљенија дужинска група од 80-100 мм у сва четири истраживана екосистема. Полну структуру није било могуће одредити јер у узорку од 131 јединке присутне су биле само двије женке.

Генетска удаљеност је показала да се унутар комплекса врсте *A. pallipes* налазе двије одвојене врсте и то: *A. pallipes* и *A. italicus*. Унутар врсте *A. italicus* налази се најмање три а можда и више подврста: *A.i. italicus*, *A.i. carinthiacus*, *A.i. carsicus* и *A.i. meridionalis*, која је присутна у Црној Гори. *A. italicus meridionalis* има заједнички хаплотип са далматским популацијама и групишу се са Италијом.

На темелју филогенетских анализа можемо закључити да је врста *A. astacus* из Црне Горе вјероватно антропогеног поријекла припада хаплогрупи Европа и да дијели хаплотипове с популацијама *A. astacus* из Дунавског слива (ниске вриједности разноликости и удаљености). Док *A. astacus* из Србије има јединствен хаплотип те су јединке вјероватно еволуциски старије од других. Врста *A. torrentium* има четири хаплогрупе. Хаплогрупу јужни Балкан чине јединке из Црне Горе и Србије, а јединке из Хрватске имају посебну хаплогрупу.

Као негативан али значајно конзервациони значајан елемент у популацијама свих

---

константованих врста ракова, запажа се смањен број репродуктивно способних зенки.

Потпуно изоловане популације без природне могућности протока гена су популације *A. torrentium* на стаништима Црно језеро, Вражје језеро, Ријека Црнојевића, Техотина, популације *A. astacus* из горњег тока ријеке Зете и језера Бусер, као и популације *A. italicus* из доњег тока ријеке Зете. Видимо да побројане изоловане популације имају и највећи број специфичности које су конзервационо значајне. Инванзивне врсте посебно су значајан угрожавајући фактор на подручју Србије, због ширења *Orconectes limosus*. Добра је околност што на подручју Црне Горе није забележено присуство инванзивних врста ракова. На основу добијених резултата се види да су за врсту *A. torrentium* примарне ЕСУ на подручју Црне Горе и Србије изоловане популације (*A.t.* Техотина, *A.t.* Црно језеро, *A.t.* Вражје језеро) чија је бројност, изузев популације из ријеке Гросница (*A.t.* Грошница) мања од 1000 јединки.

## 9. LITERATURA

- Abrahamsson, S.A.A. 1966. Dynamics of an isolated population of the crayfish *Astacus astacus* Linné. *Oikos* 17: 96-107
- Abrahamsson, S.A.A. 1971. Densiti, rowth and reproduktion in populations of *Astacus astacus* Linne. *Oikos*, 17, 96-107
- Ackefors, H. 1998. The culture and capture crayfish fisheries in Europe. *World aquaculture* 29 (2):18-24, 64-67.
- Ackefors, H. 1999. Observations on the yearly life cycle of *Astacus astacus* in a small lake in Sweden .*Freshwater crayfish* 12: 413-429.
- Ackefors, H. 2000. Freshwater crayfish farming technology in the 1990s: A European and global perspective. *Fish and Fisheries* 1: 337-359.
- Alderman, Dj. & Polglase, JL. 1986. *Aphanomyces astaci* – isolation and culture. *J.Fish.Dis.*9 :367-379.
- Alderman DJ; Polglase JL, (1988). Patogens, parasites and commensals. U: Holdich DM i Lowerry RS (eds.) *Freshwater Crayfish : Biology, Management and Exploitation*. Croom Helm, London, 167-212
- Alonso, F., Temino, C., Dieguez -Uribeondo, J., 2000. Status of the white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858), in Spain: distribution and legislation. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 356, 031-054.
- Becker, C.G., Loyola ,R.D. 2008. Extinction risk assessments at the population and species level: Implivations for amphibian conservation. *Biodivers Conserv* 17:2297-2304
- Bedjanič, M. 2004. Novi podatki o razširjenosti raka navadnega koščaka *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) v Sloveniji (Crustacea: Decapoda) *NATURA SLOVENIAE* 6(1): 25-33
- Bernado, J.M., Ilheu, M., Costa, A.M. 1997. Distribution, population structure and conservation of *Austropotamobius pallipes* in Portugal. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 347,617-624

- Bertok, M., Budihna, N., Povž, M. 2003. Strokovne osnove za vzpostavljanje omrežja Natura 2000: ribe (Pisces), piškurji (Cyclostomata), raki deseteronožci (Decapoda): Končno poročilo. Naročnik: Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, ARSO. Zavod za ribištvo Slovenije, Ljubljana. 370 str. + digitalne priloge.
- Bertok, M., Budihna, N., Povž, M., Seliškar, T. 2004. Ribe, piškurji, sladkovodni raki deseteronožci. *Proteus* 66(9-10): 462-468.
- Birstein, JA., Vinogradov, LG. 1934. Die aasüsswasserdecapoden der USSR und ihre geographische Berbreituhng. Vorläufige Mitteilung. *Zoologicheskii Zhurnal* Becker CG, Loyola RD (2008) Extinction risk assessments at the population and species level: Implivations for amphibian conservation. *Biodivers Conserv* 17:2297-2304.
- Bonin A, Nicole F, Pompanon F, Miaud C, Taberlet P. 2007. Population adaptive index: a new method to help measure intraspecific genetic diversity and prioritize populations for conservation. *Conserv Biol* 21(3):697-708
- Bohl, E., 1987a. Comparative studies on crayfish brooks in Bavaria (*Astacus astacus* L. *Austropotamobius torentium* Schr). *Freshwater crayfish* 7: 287-294.
- Bohl, E., 1987b. Crayfish stock and culture situation in Germany (FR). *Crayfish Culture in Europe* :87-91.
- Bott, R. 1950. Die Flusskrebse Europas (Decapoda, Astacidae). *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesekkschaft* 483: 4-36
- Bott, R. (1972). Besiedlungsgeschichte und Systematik der Astaciden West-Europas unter besonderer Berücksichtigung der Schweiz. *Revue Suisse de zoologie* 79 (13): 387-408
- Brodsky, S.Y. 1977. River crayfishes (Crustacea, Astacidae) of the Soviet Union. *Vyestnik zoologii* 3:48-53.
- Brusina, S. 1995. XVI. Prilog za faunu rakâ Dalmacije i Jadranskog mora. U: Balabanić J. -(ed.) Brusina, S. Naravoslovne crtice sa sjeveroistočne obale Jadranskog mora. *Dom i svijet*, HAZU, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb, 360-391.

- 
- Car, L. 1901. Prilog za faunu Crustacea. U: Heinz A (ed.) Glasnik Hrvatskog naravoslovnog društva 4-6: 84.
- Cataudella, R., Puillandre, N., Grandjean, F. 2006. Genetic analysis for conservation of *Austropotamobius italicus* populations in Marches Region (Central Italy). Bull. Fr. Pêche Piscic. 380-381:991-100
- Cataudella, R., Paolucci, M., Delaunay, C., Ropiquet, A., Hassanin, A., Balsamo, M., Grandjean, F. 2010. Genetic variability of *Austropotamobius italicus* in the Marches region: implications for conservation. Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 20:261-268
- Clary, D.O. & Wolstenholme, D.R. 1985. The mitochondrial DNA molecular of *Drosophila yacuba*: nucleotide sequence, gene organization and genetic code. Journal of Molecular Evolution 22: 252-271
- Crandall, K.A., Harris, D.J., Fetzner, J.W.Jr. 2000. The monophyletic origin of freshwater crayfish estimated from nuclear and mitochondrial DNA sequences. Proceedings of the Royal Society, London, B 267: 1679-1686.
- Cukerzis, J.M., 1988. *Astacus astacus* in Europe. U: Holdich DM i Lowerry RS (eds.) Freshwater Crayfish : Biology, Management and Exploitation. Croom
- Daveikis, V.F., & Alikhan, M.A. 1996. Comparative body measurements, fecundity, oxygen uptake, and ammonia excretion in *Cambarus robustus* (Astacidae, Crustacea) from an acidic and a neutral site in northeastern Ontario, Canada. Canadian Journal of Zool. 74(7)1196-1203.
- Delić, A. 1993. Rasprostranjenost potočnog raka (*Astacus astacus* L. 1758) u slivu Ilove i Česme. Ribarstvo 48: 1-4.
- Edsman L., Füreder L., Gherardi F. and Souty-Grosset C., 2010. *Astacus astacus*. In: IUCN 2010, IUCN Red List of Threatened Species, Version 2010.4, [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org), downloaded on 19 January 2011.
- Edsman, L., Füreder, L., Gherardi, F. & Souty-Grosset, C. 2010. *Astacus astacus*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).

- Evans, L.H., Edgerton, B.F. 2002. Pathogens, parasites and commensals. U: Holdich DM (ed.) Biology of freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, 377-438.
- Faller, M., Hudina, S., Klobučar, G., Maguire, I. 2009. Spread of invasive spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in Croatia: filling knowledge gaps and identifying confinement measures. In: Kozák P, Kouba A (eds.) Abstract Book, Future of Native Crayfish in Europe, Regional european crayfish Workshop, 7<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> September 2009, Písek 17.
- Farris, J.S. 1970. Estimating phylogenetic trees from distance matrixes. American Nature 106: 645-668.
- Fetzner, J.W., & Crandall, K.A. 2002. Genetic variation. U: Holdich DM (ed.) Biology of freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, 291-327.
- Franjević, D. 2006. Molekularna filogenija dinaridskih vrsta roda *Troglocaris* (Crustacea, Caridea, Atydea), Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 187 p.
- Fratini, S., Zaccara, S., Barbaresi, S., Grandjean, F., Soutly- Grosset, C., Crossa, G., Gherardi, F. 2005. Phylogeography of the threatend crayfish (genus *Austropotamobius*) in Italy: implications for its taxonomy and conservation. Heredity 94:108-118
- Füreder, L., Oberkofler, B., Hanel, R., Leiter, J. and Thaler, B., 2003. The freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* in South Tyrol: heritage species and bioindicator. Bull. Fr. Pêche Piscic., 370-371, 79–95.
- Füreder L., Gherardi F. and Souty-Grosset C. 2010. *Austropotamobius torrentium*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).
- Gherardi, F., Holdich, DM. 1999. Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? AA Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Gherardi, F., Raddi, A., Barbaresi, S., Salvi, G. 2000. Life history patterns of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in an irrigation ditch in Tuscany, Italy. Crustacean Issues 12,; 99-108.
- Gherardi, F. 2002. Behaviour. U: Holdich DM (ed.) Biology of freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, 258-291.



- Giller, P.S. & Twomey, H. 1993. Benthic macroinvertebrate community organisation in two contrasting rivers – between – site differences and seasonal patterns. *Biology and Environment, Proceedings of the Royal Irish Academy*, 93 B, 3: 115-126.
- Girard, Ch. 1852. A revision of the North American Astaci, with observations on their habitat and geographic distribution. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 6: 87-91.
- Gennis, R.B. 1992. Site-directed mutagenesis studies on subunit I of the aa3-type cytochrome c oxidase of *Rhodobacter sphaeroides* : a brief review of progress to date. *Biochim. Biophys. Acta* 1101: 184-187.
- Grandjean F., Romain D., Avila-Zarza C., Bramard M., Souty-Grosset C., Mocquard J.P., 1997. Morphometry, sexual dimorphism and size at maturity of the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes pallipes* (Lereboullet) from a wild French population at Deux-Sèvres (Decapoda, Astacidea). *Crustaceana*, 70 (1), 31-44.
- Grandjean, F., & Souty-Grosset, C. 2000. Genetic and morphological variation in the endangered crayfish species, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) (Crustacea, Astacidae) from the Poitou-Charentes region (France). *Aquatic Sciences*, 62:1-19.
- Grube, AE. 1861. Ein ausflug nach Triest und dem Quarnero. *Nicolaische Verlagsbuchhandlung*, Berlin, p 125.
- Guan, R., & Wiles, P.R. 1998. Feeding ecology of the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in a British lowland river. *Aquaculture* 169: 177-193.
- Hancock, J.M., Tautz, D. & Dover, G.A. 1988. Evolution of the secondary structures and compensatory mutations of the ribosomal RNAs of *Drosophila*. *Mol.Biol.Evol.* 5: 393-414.
- Hessler, R.R., Marcotte, B.M., Newman, W.A., Maddocks, R.F., 1982. Evolution within the Crustacea. U: Abele LG (ed.) *The biology of Crustacea*. Vol. 1, Systematics, the fossil record, and biogeography. Academic press, New York, 150-239.
- Hillis, D.M. & Dixon, M.T. 1991. Ribosomal DNA: molecular evolution and phylogenetic inference. *Q.Rev.Biol.* 66: 411-453.

- Hobbs, HH. Jr. 1988. Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. U: Holdich DM i Lowery RS (eds.) Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. Croom Helm, London, 52-82.
- Hogger, J.B. 1988. Ecology, population biology and behaviour. U: Holdrich DM i Lowery RS (eds). Freshwater crayfish: Biology, Menagement and Exploitation. Croom Helm, London, 115-144
- Holdich, DM., Lowery, RS. 1988. Freshwater crayfish – biology, management and exploitation. University Press, Cambridge, pp 498
- Holdich, DM., Reader, JP., Rogers, WD., Harlioglu, M. 1995. Interactions between three species of crayfish (*Austropotamobius pallipes*, *Astacus astacus* & *Pacifastacus leniusculus*) Freshwater crayfish 10: 46-56.
- Holdich, DM., Ackefors, H., Gherardi, F., Rogers, WD., Skurdal, J. 1999. Native and alien crayfish in Europe: Some conclusions. U: Gherardi, F. I Holdich, DM. (eds.) Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? AA Balkema, Rotterdam, Brookfield, 281-292.
- Hildich, DM. 2000. The introduction of alien species into Britain for commercial exploitation – An own goal? Crustacean Issues 12: 85-95.
- Holdich, DM. 2002. Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science, Oxford.
- Holdich, DM. 2002. Background and functional morphology. U: Holdich (ed.) Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science, Oxford, 1-27.
- Holdich, DM. 2002. Present distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. Bull. Francais de la Peche et de la Pisciculture 367, 4, 611-650.
- Hudina, S., Faller, M., Lučić, A., Klobučar, G., Maguire, I. 2009. Distribution and dispersal of two invasive crayfish species in the Drava River basin, Croatia. Knowledge and management of aquatic ecosystem, in press
- Huxley, TH. 1880. The crayfish: an introduction in the study of zoology. Kegan Paul, Trench & Co, London.

- Karaman, C. 1929. Die Potamobiiden Jugosviens. Glasnik zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini XLI: 147-150
- Karaman, M. 1976. Fauna na Makedonija. Desetonogi rakovi-Decapoda (Malacostraca – Crustacea). Prirodonaucen muzej –Skopje.
- Karaman, M C. 1961. Слатководни ракови Југославије. Рибарство Југославије 3 (61):1-33.
- Karaman, M. C. 1962. Ein Beitrag zur Systematik Astacidae (Decapoda). Crustaceana 3: 173-191
- Karaman, M. C. 1963. Studie der Astacidae (Crustacea, Decapoda) II. Teil. Hydrobiol. 22: 111-132.
- Kranjčev, R. 1995. Priroda Podravine, Mali princ.
- Kristtiansen, G and Hessen, D.O. 1992. Nitrogen and phosphorus excretion from the noble crayfish, *Astacus astacus* L., in relation to food type and temperature Aquaculture, Vol. 102, pp245-264
- Kumar, S., Tamura, K., Nei, M. 2007 MEGA4: integrated software for molecular evolutionary analysis and sequence alignment. Briefing in Bioinformatic 5: 150-163.
- Laporrete, J.M., Ribeyre F., Truchot, J.P., Boudou, A. 1996. Experimental study of the combined effects of pH and salinity on the bioaccumulation of inorganic mercury in the crayfish *Astacus leptodactylus*. Chemical Speciation and Bioavailability 8(1-2): 1-15
- Largiadèr, C.R., Herger, F., Lörtscher, M. & Choll, A. 2000 Assessment of natural and artificial propagation of the white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes* species complex) in the Alpine region with nuclear and mitochondrial markers. Mol Ecol 9: 25-37.
- Laurent, P.J. 1988. *Austropotamobius pallipes* and *A. torrentium*, with observations on their interactions with other species in Europe. U Holdich DM i Lowery RS (eds.) Freshwater crayfish. University Press, Cambridge 341-364.
- Lindqvist, O.V., & Lathi, E. 1983. On the sexual dimorphism and condition index in the crayfish *Astacus astacus* L. In Finland. Freshwater crayfish 5: 3-11.
- Lewis, D.B. 2001. Trade-offs between growth and survival: responses of freshwater snails to predacious crayfish. Ecology 82(3): 758-765.

- Lodge, D.M., & Hill, A.M. 1994. Factors governing species composition, population size, and productivity of cool-water crayfishes. *Nordic Journal of Freshwater Research* 0(69): 111-136.
- Lowery, R.S. & Holdich, D.M. 1988. *Pacifastacus leniusculus* in North America and Europe, with details of the distribution of introduced and native crayfish species in Europe. U: Holdich D.M. i Lowery R.S. (eds.) *Freshwater Crayfish : Biology, Management and Exploitation*. Croom Helm, London, 283 – 308.
- Maguire, I. 2002. Family Astacidae in north-west Croatia. Doctoral Thesis (in Croatian Croatian with English abstract), Faculty of Science, University of Zagreb: 12- 13.
- Maguire, I., Klobucar, G.I.V., Gottstein-Matocec, S., Erben, R. 2003. Distribution of *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) in Croatia and notes on its morphology. *Bull. Fr Peche Piscic* 370-371: 57-71.
- Maguire, I. & Klobučar, G. I.V. 2003. Appearance of *Orconectes limosus* in Croatia. *Crayfish News*, 3(25) ;7
- Maguire, I. and Gottstein-Matocec, S. 2004. The distribution pattern freshwater crayfish Croatia by. *Crustaceana* 77(1) : 25-49.
- Maguire, I., Klobučar, G. I.V., Marčić, Z. & Zanella, D., 2008. The first record of *Pacifastacus leniusculus* in Croatia. *Crayfish news*, 30, 4, 4.
- Maguire, I., & Klobučar, G. 2008. Appearance of *Orconectes limosus* in Croatia. *Crayfish News* 25(3): 7
- Maguire, I., Lucić, A., Schletterer, M., Sint, D., Erben, R., Füreder, L. 2010. Fecundity of indigenous stone crayfish conservation in Austria and Croatia. *Freshwater crayfish* 17, 103-107
- March, J.G., Pringle, C.M., Townsend, M.J., Wilson A.I. 2002. Effects of freshwater shrimp assemblages on benthic communities along an altitudinal gradient of a tropical island stream. *Freshwater Biology* 47: 377-390.

- McMalon, BR. 2002. Physiological adaptation to environment: U: Holdich DM (ed) Biology of freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, 327- 377.
- Matthews, M.A., Reynolds, J.D., Keatinge, M.J. 1993. Macrophyte reduction and benthic community alteration by the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). Freshwater Crayfish 9: 289-299
- Mau, B. & Newton, M. 1997. Phylogenetic inference for binary data on dendrograms using Markov chain Monte Carlo. J.Comp.Graph.Stat. 6: 122-131.
- Mau, B., Newton, M. & Larget, B. 1999. Bayesian phylogenetic inference via Markov chain Monte Carlo methods. Biometrics 55: 1-12.
- Moritz, C. (1994) Defining “evolutionary significant units” for conservation. Trends Ecol. Evol. 9: 373-375.
- Nakata, K., Hamano, T., Hayashi, K-I. & Kawai, T. 2002. Lethal limits of high temperature for two crayfishes, the native species *Cambaroides japonicus* and the alien species *Pacifastacus leniusculus* in Japan. Fisheries Science, Vol. 68, pp 763-767.
- Narodne novine, 1999. Proglašavanje divljih svojih zaštićenim i strogozaštićenim, 99/09.
- Narodne novine, 2005. Zakon o zaštiti prirode, 70/05.
- Narodne novine, 2008. Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o zaštiti prirode, 139/08.
- Nei, M. & Kumar, S. 2000. Molecular Evolution and Phylogenetics, Oxford University Press, New York
- Nystrom, P. 2002. Ecology. U: Holdich DM (ed) Biology freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, 192-236.
- Obradović, J. 1984. Проблем терминологије слатководних ракова. Билтен Друштва Еколога Босне и Херцеговине. Серија Б-Научни скупови I савјетовања. Број 3- III Конгрес еколога Југославије, књига II: 165-169.
- Obradović, J. 1988. Слатководни ракови на тлу Југославије-врсте, болести, узгој, Заштита. Рибар. Југосл. 43: 55-59.

- Olivieri, G.L., Sousa, V., Chikhi, L., Radespiel, U. 2008. From genetic diversity and structure to conservation: genetic signature of recent population declines in three mouse lemur species (*Microcebus* spp.). *Biol Conserv* 141:1257–1271
- Ortmann, AE. 1902. The geographical distribution of fresh water Decapods and its Bearing upon ancient geography. *Proc. Amer. Philos. Soc.*41: 267-400.
- Paglianti, A. & Gherardi, F. 2004. Combined effects of temperature and diet on growth and survival of young-of-year crayfish: a comparison between indigenous and invasive species. *Journal of Crustacean Biology*, Vol. 24, No. 1, pp 140-148.
- Parkyn, S.M., Collier K.J., Hicks, B.J. 2001. New Zealand stream crayfish: functional omnivores but trophic predators? *Freshwater Biology* 46: 641-652.
- Plančić, J. 1973. Ракови у нашим слатким водама. У: Институт за слатководно рибарство (ед.) Избор научних и стручних радова, 133-143.
- Peay, S., & Rogers, D. 1998. The peristaltic spread of signal crayfis (*Pacifastacus leniusculus*) in a Yorksheire river. Abstract of papers of 12<sup>th</sup>. International Symposium of Astacology, Augusburg, Germany, p 59.
- Perez, J.R., Celada, J.D., Gonzalez, J., Carral, J.M., Saez-Royuela, M. & Fernandez, R. 2003. Duration of egg storage at different temperatures in the astacid crayfish *Pasifastacus leniusculus*: critical embryonic phase. *Aquaculture*, Vol. 219, pp 347- 354.
- Rac, M., Obradović, J., Sekulić, B., Vučemilo, M. 1987. Ekološki parametric prirodnog staništa potočnog raka (*Austropotamobius torrentium* Schr.). U: Knjiga sažetaka III Kongresa ekologe Hrvatske: 139.
- Rafinesque, C. S. 1817 . Synopsis of four new Genera and ten new Species of Crustacea, found in United Sates. *Museum of Natural Sciences*. 9. American monthly Magazine and critical Review 2: 40-43.
- Rajković, M. 2004. Optimalni ekološki uslovi za razvoj riječnog raka (*Astacus astacus* L.) u vodenim ekosistemima na području gornjeg toka rijeke Zete. Specijalistički rad. Univerzitet u Kragujevcu.

- Rajković, M., Simić, V., & Petrović, A. 2006. Length-weight gain of European crayfish *Astacus astacus* (L.) in the area of the upper course of the Zeta River, Montenegro. Arch. Biol. Sci., Belgrade, 58 (4): 233-238
- Rajkovic, M. 2007. Održivo korišćenje populacije riječnog raka *Astacus astacus* (Linnaeus 1758) u vodenim ekosistemima gornjeg toka rijeke Zete. Magistarski rad. Univerzitet u Kragujevcu.
- Rannala, B. & Yang, Z.H. 1996. Probability distribution of molecular evolutionary trees: A new method of phylogenetic inference. J.Mol.Evol. 43: 304-311
- Rathke, H. 1837. Zur Fauna der Krym. Ein Beitrag. Mémoires de l'Académie des Sciences de St Pétersbourg, ser. 6B 3: 291-454.
- Reynolds, J.D. 2002. Growth and reproduction. U: Holdich DM (ed.) Biology of freshwater crayfish. Blackwell science, Oxford, 152-192.
- Renz, M., Breithaupt, T. 2000. Habitat use of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in small brooks and in Lake Constance, Southern Germany. Bull. Fr. Peche Piscic. 365: 139-154
- Rogers, D. and Holdich, D.M. 1998. Scoping study for the eradication of alien crayfish populations. Abstract of papers of 12<sup>th</sup>. International Symposium of Astacology, Augsburg, Germany, p 64.
- Ronquist, F. & Huelsenbeck, J.P. 2003. Mr. Bayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. Bioinformatics 19: 1572-1574.
- Saila S.B., Flowers J.M., 1969. Geographic morphometric variation in the American lobster. Systematic Zoology, 18, 330-338.
- Sarastre, M. 1990. Structural features of cytochrome oxidase. Q.Rev.Biophys. 23: 331-366.
- Schulz, N., Kirchlehner W., 1984. Der Steinkrebsbestand *Astacus torrentium* (Schrank) im Spintikbach (Kärnten Österreich). Österreichs Fischerei, 37, 47-57
- Scholtz, G. 1995. Ursprung und Evolution der Flu krebse (Crustacea, Decapoda). Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin 34: 93-115.
- Scholtz, G. 1999. Freshwater crayfish evolution. Freshwater crayfish 12: 37-48.
- Scholtz, G. 2002. Phylogeny and evolution. U: Holdich DM (ed) Biology of freshwater crayfish.

- Bleekwell science, Oxford, 30-52.
- Schofield, K.A, Pringle, C.M., Meyer, J.L., Sutherland, A.B. 2001. The importance of crayfish in the breakdown of rhododendron leaf litter. *Freshwater Biology* 46: 1191-1204.
- Schubart, C.D., Nigel, J.N. & Felder, D.L. 2000. The use of mitochondrial 16S rRNA gene for phylogenetic and population studies of Crustacea. *Crustac. Issues*. 12: 817-830.
- Simon, C., Frat, F., Beckenbach, A., Crespi, B., Liu, H. & Flook, P. 1994. Evolution, weighing and phylogentic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. *Ann.Ent.Soc.Am.* 87: 651-701.
- Sekulić, B., Obradović, J., Rac, M. 1987. Proportion of exoskeleton according to the size and sex of the crayfish *Austropotamobius torrentium* Schr. Proceedings of the Third Congress of Croatian Biologists. U: Period. Boil.91 (1): 113.
- Simić, V., Simić, S., Paunović, M., Cakić, P. 2007. Model of assessment of the critical risk of extinction and the priorities of protection of endangered aquatic species at the national level. *Biodivers Conserv.*16: 2471-2493.
- Simić, V., Petrović, A., Rajković, M., Paunović, M. 2008. Crayfish of Serbia and Montenegro – the population status and the level of endangerment. *Crustaceana* 81 (10): 1153-1176.
- Sint, D., Dalla Via, J., Füreder, L. 2005. Morphological variations in *Astacus astacus* L and *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) populations. In: European native crayfish in relation to land-use and habitat deterioration with a special focus on *Austropotamobius torrentium* CRAY-NET, Vol.4, (eds L. Füreder, C. Souty-Grosset) Bull. Fr. Pêche Piscic., 376-377, 637-652
- Sint, D., Dalla, Via, J., Füreder, L. 2006. The genus *Austropotamobius* in the Ausserfern region (Tyrol, Austria) with an overlap in the distribution of *A. torrentium* and *A. pallipes* populations, Bull. Fr. Pêche Piscic., 380-381, 1029-1040.
- Sint, D., Dalla Via, J., Füreder, L. 2007. Phenotypical caharacterization of indigenous freshwater crayfish populations, *Journal of Zoology* 273, 210-21.



- Skurdal, J., Taugbol, T., Fjeld, E., Hessen, D.O & Hastein, T. 1988. *Thelohonia contejeani* Henneguy parasitizing the noble crayfish *Astacus astacus* L. in Norway . Journal of Fish Diseases, 11, 433-5
- Skurdal, J., Taugbol, T., Tuusti, J. 1999. Crayfish introductions in the Nordic and Baltic countries. In: Crayfish in Europe an Alien Species. How to Make the Best of a Bad Situation? (eds F. Gherardi and D. M. Holdich), 193-219. A. A. Balkema, Rotterdam
- Skurdal, J., & Taugbol, T. 2002. *Astacus*. In Holdich, D. M. (ed.), Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science, 467-510, Oxford.
- Soderback, B. 1995. Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a Swedish lake – possible causes and mechanisms. Freshwater Biology 33(2): 291-304. ayfish. Bleckwell science, Oxford, 467-510.
- Söderhäll, I; Söderhäll, K., (2002). Immune reactions. U: Holdich DM (ed.) Biology of freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, 439-464.
- Starobogatov, Yal. 1995. Taxonomy and geographical distribution of crayfish of Asia and East Europe ( Crustacea, Decapoda, Astacoidei). Arthropoda Selecta 4(3): 3-25.
- Streissl, F.; Hodl, W. 2002. Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphosm and condition index of *Austropotamobius torrentium* Shcrank. Hydrobiologia 477 : 201-208.
- Swoford, D.L. 2001. PAUP\*: Phylogenetic analysis using parsimony (and other methods). Version 4.0. beta10. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates.
- Šoštarić, D. 1888. Prilog poznavanju slatkovodnih korepnjaka Hrvatske. pp104
- Tam, Y.K. & Kornfield, I. 1998. Phylogenetic relationship of clawed lobster genera (Decapoda: Nephropidae) based on mitochondrial 16S rRNA gene sequences. Journal of Crustacean Biology 18: 138-146.
- Taugbøl, T; Skurdal, J; Fjeld, E., (1988). Maturity and fecundity of *Astacus astacus* females in Norway. Freshwater crayfish 7: 107-114
- Taugbøl, T., Skurdal, J., Burda, A., Munoz, C., Saez-Royuela, M. 1997. A test of crayfish predatory and nonpredatory fish species as bait in crayfish traps. Fisheries Management and Ecology 4: 127-134.

- Taylor, C.A., 2002. Taxonomy and conservation of native crayfish stocks. U: Holdich, DM (ed) Biology of freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, 236-257.
- Tovnsed, C. R., Doledec, S., Scarsbrook, M.R. 1997. Species traits in relation to temporal and spatial heterogeneity in streams : a test of habitat templet theory. Freshwater Biology 37: 367-387.
- Trontelj, P., Machino Y., Sket B. 2005. Phylogenetic and phylogeographic mitochondrial COI gene sequences Molecular Phylogenetic and Evolution, 34:212-226.
- Trožic-Borovac, C. 2011. Freshwater crayfish in Bosnia and Herzegovina: the first report on their distribution Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems (2011) 401, 26.
- Vogt, G. 2002. Functional anatomy. U: Holdich DM (ed.) Biology of freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, 53-151.
- Westman, K. 1991. The crayfish fishery in Finland – its past, present and future. Finnish Fisheries Research 12: 187-216.
- Westman, K., Ackefors, H., Nylund, C. 1992. Crayfish. Biology, Aquaculture and Harvest. Kiviksgården, Stockholm, Sweden
- Westin, L., Gydemo, R., 1986. Influence of light and temperature on reproduction and moulting frequency in the crayfish, *Astacus astacus*. Aquaculture 52: 43-50.
- Westin, L., Gydemo, R., 1995. The proportion of mature females of the noble crayfish, *Astacus astacus*, in ponds and under indoor conditions and the effect of trappability. Freshwater crayfish 8: 157-169.
- Whitledge, G.W. & Rabeni, C.F. 2003. Maximum daily consumption and respiration rates at four temperatures for five species of crayfish from Missouri U.S.A. (Decapoda, Orconectes SPP.). Crustaceana, Vol. 75, No. 9, pp 1119- 1132.
- Wood, C.C., Gross, M.R. 2008. Elemental conservation units: communicating extinction risk without dictating targets for protection. Conservation Biology, vol 22 (1): 36–47
- Woese, C.R., Kandler, O., Wheelis, M .L. 1990. Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. Proc. Natl. Acad.Sci. USA. 87(12):4576-9.

Waples, R.S. 1991. Definition of 'Species' Under the Endangered Species Act: Application to Pacific Salmon. U.S. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum NMFS F/NWC-194

Zaccara, S., Stefani, F., Crosa, G. 2005. Diversity of mitochondrial DNA of the endangered white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) in Po River catchment. *Freshwater Biology* 50: 1262-1272.

**Прилог 1.** Резултати LSD- Теста за женке врсте *A. torrentium* за шест популација (звјездом су означене статистички значајне разлике)

| LSD Test; Variable: CPL p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=1.9364 | {2} M=2.2669 | {3} M=1.8885 | {4} M=1.6722 | {5} M=2.2498 | {6} M=2.4754 |
| Тара {1}                           |              | 0.000001     | 0.875796     | 0.321953     | 0.006368     | 0.079405     |
| Лим {2}                            | 0.000001     |              | 0.216036     | 0.025693     | 0.877530     | 0.495206     |
| Црно јез. {3}                      | 0.875796     | 0.216036     |              | 0.588734     | 0.258495     | 0.170634     |
| Вражје јез. {4}                    | 0.321953     | 0.025693     | 0.588734     |              | 0.040776     | 0.045397     |
| Р.Црнојев. {5}                     | 0.006368     | 0.877530     | 0.258495     | 0.040776     |              | 0.480038     |
| Ћехотина {6}                       | 0.079405     | 0.495206     | 0.170634     | 0.045397     | 0.480038     |              |

| LSD Test; Variable: CFL p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=1.7538 | {2} M=1.8646 | {3} M=1.7937 | {4} M=1.6542 | {5} M=1.9794 | {6} M=1.9938 |
| Тара {1}                           |              | 0.018511*    | 0.854180     | 0.598241     | 0.005581*    | 0.365024     |
| Лим {2}                            | 0.018511*    |              | 0.743413     | 0.264035     | 0.146982     | 0.624823     |
| Црно јез. {3}                      | 0.854180     | 0.743413     |              | 0.622791     | 0.412120     | 0.554871     |
| Вражје јез. {4}                    | 0.598241     | 0.264035     | 0.622791     |              | 0.103623     | 0.291206     |
| Р.Црнојев. {5}                     | 0.005581*    | 0.146982     | 0.412120     | 0.103623     |              | 0.957831     |
| Ћехотина {6}                       | 0.365024     | 0.624823     | 0.554871     | 0.291206     | 0.957831     |              |

| LSD Test; Variable: CLW p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=1.8970 | {2} M=2.0305 | {3} M=1.9509 | {4} M=1.7194 | {5} M=2.0334 | {6} M=1.9869 |
| Тара {1}                           |              | 0.003471*    | 0.797199     | 0.331083     | 0.081836     | 0.668257     |
| Лим {2}                            | 0.003471*    |              | 0.703602     | 0.087802     | 0.969502     | 0.834972     |
| Црно јез. {3}                      | 0.797199     | 0.703602     |              | 0.398306     | 0.705945     | 0.902110     |
| Вражје јез. {4}                    | 0.331083     | 0.087802     | 0.398306     |              | 0.103841     | 0.329136     |
| Р.Црнојев. {5}                     | 0.081836     | 0.969502     | 0.705945     | 0.103841     |              | 0.831605     |
| Ћехотина {6}                       | 0.668257     | 0.834972     | 0.902110     | 0.329136     | 0.831605     |              |

| LSD Test; Variable: ROW p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=3.0876 | {2} M=3.5070 | {3} M=3.1022 | {4} M=3.0643 | {5} M=3.4256 | {6} M=3.4845 |
| Тара {1}                           |              | 0.000006*    | 0.972483     | 0.949836     | 0.033176*    | 0.232314     |
| Лим {2}                            | 0.000006*    |              | 0.339719     | 0.229731     | 0.599062     | 0.945890     |
| Црно јез. {3}                      | 0.972483     | 0.339719     |              | 0.945517     | 0.465391     | 0.471189     |
| Вражје јез. {4}                    | 0.949836     | 0.229731     | 0.945517     |              | 0.354635     | 0.388668     |
| Р.Црнојев. {5}                     | 0.033176*    | 0.599062     | 0.465391     | 0.354635     |              | 0.868055     |
| Ћехотина {6}                       | 0.232314     | 0.945890     | 0.471189     | 0.388668     | 0.868055     |              |

| LSD Test; Variable: CLH p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=2.8818 | {2} M=3.0989 | {3} M=2.8712 | {4} M=2.7733 | {5} M=3.1352 | {6} M=3.2799 |
| <b>Тара {1}</b>                    |              | 0.002156*    | 0.973954     | 0.701590     | 0.037341*    | 0.222154     |
| <b>Лим {2}</b>                     | 0.002156*    |              | 0.483133     | 0.248850     | 0.759407     | 0.577370     |
| <b>Црно јез. {3}</b>               | 0.973954     | 0.483133     |              | 0.817831     | 0.436746     | 0.368790     |
| <b>Вражје јез. {4}</b>             | 0.701590     | 0.248850     | 0.817831     |              | 0.226510     | 0.233911     |
| <b>Р.Црнојев. {5}</b>              | 0.037341*    | 0.759407     | 0.436746     | 0.226510     |              | 0.669999     |
| <b>Ћехотина {6}</b>                | 0.222154     | 0.577370     | 0.368790     | 0.233911     | 0.669999     |              |

| LSD Test; Variable: ARL p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=2.5127 | {2} M=2.4775 | {3} M=2.4340 | {4} M=2.7782 | {5} M=2.6430 | {6} M=2.3331 |
| <b>Тара {1}</b>                    |              | 0.363514     | 0.662211     | 0.090917     | 0.052612     | 0.202476     |
| <b>Лим {2}</b>                     | 0.363514     |              | 0.808695     | 0.054732     | 0.012045*    | 0.302945     |
| <b>Црно јез. {3}</b>               | 0.662211     | 0.808695     |              | 0.143986     | 0.266042     | 0.653619     |
| <b>Вражје јез. {4}</b>             | 0.090917     | 0.054732     | 0.143986     |              | 0.413877     | 0.031822*    |
| <b>Р.Црнојев. {5}</b>              | 0.052612     | 0.012045*    | 0.266042     | 0.413877     |              | 0.039980*    |
| <b>Ћехотина {6}</b>                | 0.202476     | 0.302945     | 0.653619     | 0.031822*    | 0.039980*    |              |

| LSD Test; Variable: T p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                  | {1} M=2.7521 | {2} M=3.2998 | {3} M=1.6968 | {4} M=1.0079 | {5} M=2.4005 | {6} M=2.5950 |
| <b>Тара {1}</b>                  |              | 0.032550*    | 0.374294     | 0.091929     | 0.426259     | 0.865522     |
| <b>Лим {2}</b>                   | 0.032550*    |              | 0.176242     | 0.026468*    | 0.038120*    | 0.445268     |
| <b>Црно јез. {3}</b>             | 0.374294     | 0.176242     |              | 0.656679     | 0.569585     | 0.544494     |
| <b>Вражје јез. {4}</b>           | 0.091929     | 0.026468*    | 0.656679     |              | 0.201889     | 0.244109     |
| <b>Р.Црнојев. {5}</b>            | 0.426259     | 0.038120*    | 0.569585     | 0.201889     |              | 0.844338     |
| <b>Ћехотина {6}</b>              | 0.865522     | 0.445268     | 0.544494     | 0.244109     | 0.844338     |              |

Резултати LSD- Теста за мужјаке врсте *A. torrentium* за шест популација  
(звјездицом су означене статистички значајне разлике)

| LSD Test; Variable: CLL p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=1.0635 | {2} M=1.1141 | {3} M=1.2506 | {4} M=1.4218 | {5} M=1.3325 | {6} M=1.1985 |
| Тара {1}                           |              | 0.137441     | 0.279017     | 0.003847*    | 0.000079*    | 0.238578     |
| Лим {2}                            | 0.137441     |              | 0.429880     | 0.013089*    | 0.001390*    | 0.461932     |
| Црно јез. {3}                      | 0.279017     | 0.429880     |              | 0.413965     | 0.653118     | 0.798869     |
| Вражје јез. {4}                    | 0.003847*    | 0.013089*    | 0.413965     |              | 0.513122     | 0.176040     |
| Р.Црнојев. {5}                     | 0.000079*    | 0.001390*    | 0.653118     | 0.513122     |              | 0.297460     |
| Ћехотина {6}                       | 0.238578     | 0.461932     | 0.798869     | 0.176040     | 0.297460     |              |

| LSD Test; Variable: CEF p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=.88891 | {2} M=.88219 | {3} M=.87238 | {4} M=.94462 | {5} M=.94171 | {6} M=1.0303 |
| Тара {1}                           |              | 0.661792     | 0.832778     | 0.318963     | 0.084459     | 0.006706*    |
| Лим {2}                            | 0.661792     |              | 0.900347     | 0.265068     | 0.053373     | 0.004619*    |
| Црно јез. {3}                      | 0.832778     | 0.900347     |              | 0.447189     | 0.401976     | 0.089166     |
| Вражје јез. {4}                    | 0.318963     | 0.265068     | 0.447189     |              | 0.962547     | 0.252103     |
| Р.Црнојев. {5}                     | 0.084459     | 0.053373     | 0.401976     | 0.962547     |              | 0.129275     |
| Ћехотина {6}                       | 0.006706*    | 0.004619*    | 0.089166     | 0.252103     | 0.129275     |              |

| LSD Test; Variable: HEL p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=1.6946 | {2} M=1.6241 | {3} M=1.8025 | {4} M=1.9861 | {5} M=1.6671 | {6} M=1.6413 |
| Тара {1}                           |              | 0.001350*    | 0.333333     | 0.000282*    | 0.525961     | 0.470380     |
| Лим {2}                            | 0.001350*    |              | 0.110274     | 0.000008*    | 0.325798     | 0.815543     |
| Црно јез. {3}                      | 0.333333     | 0.110274     |              | 0.174966     | 0.250253     | 0.222400     |
| Вражје јез. {4}                    | 0.000282*    | 0.000008*    | 0.174966     |              | 0.000332*    | 0.001297*    |
| Р.Црнојев. {5}                     | 0.525961     | 0.325798     | 0.250253     | 0.000332*    |              | 0.756410     |
| Ћехотина {6}                       | 0.470380     | 0.815543     | 0.222400     | 0.001297*    | 0.756410     |              |

| LSD Test; Variable: CGW p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=2.0110 | {2} M=1.8875 | {3} M=1.6915 | {4} M=1.7179 | {5} M=2.0436 | {6} M=2.0607 |
| Тара {1}                           |              | 0.001667*    | 0.108864     | 0.039558*    | 0.674178     | 0.705827     |
| Лим {2}                            | 0.001667*    |              | 0.325305     | 0.233704     | 0.046087*    | 0.190041     |
| Црно јез. {3}                      | 0.108864     | 0.325305     |              | 0.912698     | 0.094384     | 0.117623     |
| Вражје јез. {4}                    | 0.039558*    | 0.233704     | 0.912698     |              | 0.038920*    | 0.071737     |
| Р.Црнојев. {5}                     | 0.674178     | 0.046087*    | 0.094384     | 0.038920*    |              | 0.907946     |
| Ћехотина {6}                       | 0.705827     | 0.190041     | 0.117623     | 0.071737     | 0.907946     |              |

| LSD Test; Variable: CPW p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=1.6154 | {2} M=1.6677 | {3} M=1.5149 | {4} M=1.3677 | {5} M=1.6444 | {6} M=1.7342 |
| <b>Тара {1}</b>                    |              | 0.029469*    | 0.410388     | 0.004687*    | 0.543528     | 0.142673     |
| <b>Лим {2}</b>                     | 0.029469*    |              | 0.211483     | 0.000651*    | 0.625739     | 0.412566     |
| <b>Црно јез. {3}</b>               | 0.410388     | 0.211483     |              | 0.320610     | 0.315637     | 0.129925     |
| <b>Вражје јез. {4}</b>             | 0.004687*    | 0.000651*    | 0.320610     |              | 0.004362*    | 0.001795*    |
| <b>Р.Црнојев. {5}</b>              | 0.543528     | 0.625739     | 0.315637     | 0.004362*    |              | 0.323483     |
| <b>Ћехотина {6}</b>                | 0.142673     | 0.412566     | 0.129925     | 0.001795*    | 0.323483     |              |

| LSD Test; Variable: ARL p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | {1} M=2.5768 | {2} M=2.6998 | {3} M=2.2639 | {4} M=2.1195 | {5} M=2.5557 | {6} M=2.6457 |
| <b>Тара {1}</b>                    |              | 0.017239*    | 0.233106     | 0.014921*    | 0.836415     | 0.691919     |
| <b>Лим {2}</b>                     | 0.017239*    |              | 0.097365     | 0.002105*    | 0.162028     | 0.755867     |
| <b>Црно јез. {3}</b>               | 0.233106     | 0.097365     |              | 0.649863     | 0.292339     | 0.219334     |
| <b>Вражје јез. {4}</b>             | 0.014921*    | 0.002105*    | 0.649863     |              | 0.035861*    | 0.036130*    |
| <b>Р.Црнојев. {5}</b>              | 0.836415     | 0.162028     | 0.292339     | 0.035861*    |              | 0.645028     |
| <b>Ћехотина {6}</b>                | 0.691919     | 0.755867     | 0.219334     | 0.036130*    | 0.645028     |              |

| LSD Test; Variable: T p < .05000 |              |              |              |              |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                  | {1} M=2.3486 | {2} M=2.9537 | {3} M=2.7314 | {4} M=4.0359 | {5} M=2.5663 | {6} M=3.1789 |
| <b>Тара {1}</b>                  |              | 0.004189*    | 0.720795     | 0.027792*    | 0.602430     | 0.242403     |
| <b>Лим {2}</b>                   | 0.004189*    |              | 0.835693     | 0.158084     | 0.356919     | 0.751463     |
| <b>Црно јез. {3}</b>             | 0.720795     | 0.835693     |              | 0.315815     | 0.883933     | 0.724188     |
| <b>Вражје јез. {4}</b>           | 0.027792*    | 0.158084     | 0.315815     |              | 0.083196     | 0.402196     |
| <b>Р.Црнојев. {5}</b>            | 0.602430     | 0.356919     | 0.883933     | 0.083196     |              | 0.442548     |
| <b>Ћехотина {6}</b>              | 0.242403     | 0.751463     | 0.724188     | 0.402196     | 0.442548     |              |

**Прилог 2.** Резултати Tukey теста за врсту *A. astacus* из Црне Горе и Србије -1. Мужјаци,  
2. Женке (звјездицом су означене статистички значајне разлике )

1. Мужјаци

| <b>CPL</b> |           |           |
|------------|-----------|-----------|
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.022406* |
| Црна Гора  | 0.022406* |           |
| <b>CFL</b> |           |           |
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.000071* |
| Црна Гора  | 0.000071* |           |
| <b>HEL</b> |           |           |
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.046317* |
| Црна Гора  | 0.046317* |           |
| <b>HEW</b> |           |           |
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.043747* |
| Црна Гора  | 0.043747* |           |
| <b>CGW</b> |           |           |
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.000029* |
| Црна Гора  | 0.000029* |           |
| <b>CPW</b> |           |           |
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.046130* |
| Црна Гора  | 0.046130* |           |
| <b>ARL</b> |           |           |
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.037540* |
| Црна Гора  | 0.037540* |           |

2. Женке

| <b>ROL</b> |           |           |
|------------|-----------|-----------|
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.000143* |
| Црна Гора  | 0.000143* |           |
| <b>CGW</b> |           |           |
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.004964* |
| Црна Гора  | 0.004964* |           |
| <b>TD</b>  |           |           |
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.000542* |
| Црна Гора  | 0.000542* |           |
| <b>T</b>   |           |           |
|            | Србија    | Црна Гора |
| Србија     |           | 0.001650* |
| Црна Гора  | 0.001650* |           |



Прилог 3. Резултати Tukey testa za ženke vrste *A. torrentium*, *A. pallipes*, и *Astacus astacus* (црвеном су означене статистички значајне разлике)

| <b>CLL</b>               |           |           |           |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.401409  | 0.081788  |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.401409  |           | 0.022928* |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.081788  | 0.022928* |           |
| <b>CPL</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.025335* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.025335* |           | 0.131655  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.131655  |           |
| <b>CFL</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.696348  | 0.006705* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.696348  |           | 0.514125  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.006705* | 0.514125  |           |
| <b>CLW</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000022* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000022* |           | 0.552243  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.552243  |           |
| <b>CLH</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000022* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000022* |           | 0.022817* |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.022817* |           |
| <b>CEF</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.985483  | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.985483  |           | 0.000375* |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.000375* |           |
| <b>ROL</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.446641  | 0.008269* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.446641  |           | 0.005251* |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.008269* | 0.005251* |           |
| <b>HEL</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000022* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000022* |           | 0.595993  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.595993  |           |

| <b>HEW</b>               |           |           |           |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000027* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000027* |           | 0.993727  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.993727  |           |
| <b>ROW</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000022* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000022* |           | 0.232962  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.232962  |           |
| <b>CGW</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000022* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000022* |           | 0.090333  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.090333  |           |
| <b>CPW</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.025921* | 0.278699  |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.025921* |           | 0.239435  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.278699  | 0.239435  |           |
| <b>ARL</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000028* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000028* |           | 0.537959  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.537959  |           |
| <b>ARW</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000022* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000022* |           | 0.635944  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.635944  |           |
| <b>CPH</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000638* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000638* |           | 0.927332  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.927332  |           |
| <b>CEW</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000193* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000193* |           | 0.138117  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.138117  |           |

| <b>ABW</b>               |           |           |           |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000023* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000023* |           | 0.958554  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.958554  |           |
| <b>ABH</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000057* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000057* |           | 0.350108  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.350108  |           |
| <b>ABL</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.023970* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.023970* |           | 0.428710  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.428710  |           |
| <b>TEL</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000022* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000022* |           | 0.021156* |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.021156* |           |
| <b>TEW</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000262* | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000262* |           | 0.245803  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.245803  |           |
| <b>TD</b>                |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.735197  | 0.000022* |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.735197  |           | 0.000049* |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.000049* |           |
| <b>T</b>                 |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. torrentium</i> {1} |           | 0.000389* | 0.068089  |
| <i>A. pallipes</i> {2}   | 0.000389* |           | 0.000022* |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.068089  | 0.000022* |           |

Резултати Tukey теста за мужјаке врсте *A. torrentium*, *A. pallipes*, и *Astacus astacus* (црвеном су означене статистички значајне разлике )

| <b>CLL</b>               |           |           |          |
|--------------------------|-----------|-----------|----------|
|                          | {1}       | {2}       | {3}      |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.000022* | 0.000022 |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.000022* |           | 0.000022 |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.000022* | 0.000022* |          |
| <b>CPL</b>               |           |           |          |
|                          | {1}       | {2}       | {3}      |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.007149* | 0.058239 |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.007149* |           | 0.829323 |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.058239  | 0.829323  |          |
| <b>CLW</b>               |           |           |          |
|                          | {1}       | {2}       | {3}      |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.004542* | 0.103129 |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.004542* |           | 0.502748 |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.103129  | 0.502748  |          |
| <b>CLH</b>               |           |           |          |
|                          | {1}       | {2}       | {3}      |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.005362* | 0.508562 |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.005362* |           | 0.211731 |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.508562  | 0.211731  |          |
| <b>ROL</b>               |           |           |          |
|                          | {1}       | {2}       | {3}      |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.364209  | 0.225526 |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.364209  |           | 0.894359 |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.225526  | 0.894359  |          |
| <b>HEL</b>               |           |           |          |
|                          | {1}       | {2}       | {3}      |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.009956* | 0.150866 |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.009956* |           | 0.515628 |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.150866  | 0.515628  |          |
| <b>HEW</b>               |           |           |          |
|                          | {1}       | {2}       | {3}      |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.012076* | 0.274905 |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.012076* |           | 0.319001 |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.274905  | 0.319001  |          |
| <b>ROW</b>               |           |           |          |
|                          | {1}       | {2}       | {3}      |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.001942* | 0.656063 |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.001942* |           | 0.083747 |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.656063  | 0.083747  |          |

| <b>ARW</b>               |           |           |           |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.002598* | 0.983139  |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.002598* |           | 0.016074* |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.983139  | 0.016074* |           |
| <b>CEW</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.041660* | 0.935499  |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.041660* |           | 0.051311  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.935499  | 0.051311  |           |
| <b>TEL</b>               |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.010093* | 0.596396  |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.010093* |           | 0.085785  |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.596396  | 0.085785  |           |
| <b>T</b>                 |           |           |           |
|                          | {1}       | {2}       | {3}       |
| <i>A. pallipes</i> {1}   |           | 0.193742  | 0.170690  |
| <i>A. torrentium</i> {2} | 0.193742  |           | 0.005180* |
| <i>A. astacus</i> {3}    | 0.170690  | 0.005180* |           |



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
 ПРИРОДНО – МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ  
 ИНСТИТУТ ЗА БИОЛОГИЈУ И ЕКОЛОГИЈУ  
 Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Редни број                         |  |
| Тип записа                         | Текстуални штампани материјал  |
| Врста рада                         | Докторска дисертација  |
| Аутор                              | мр Милка Л. Рајковић   |
| Ментор                             | Проф. др Владица Симић   |
| Наслов рада                        | Дистрибуција, филогенија, екологија и конзервација ракова из фамилије Astacidae на подручју Црне Горе  |
| Језик публикације                  | Српски (ћирилица)  |
| Језик извода                       | Српски   |
| Земља публиковања                  | Србија   |
| Година публиковања                 | 2012.  |
| Издавач                            | Ауторски репринт   |
| Мјесто и адреса                    | IX црногорске 33.<br>20000 Подгорица, Црна Гора  |
| Научна област                      | Биологија  |
| Научна дисциплина                  | Хидробиологија   |
| Предметна одредница/ кључне ријечи |  |
| Чува се                            | У библиотеци Природно-математичког факултета у Крагујевцу, Р. Домановића 12, 34 000 Крагујевац, Србија |
| Важна напомена                     |  |

## ИЗВОД

До данас је у свијету описано око 600 врста слатководних (Decapodnih) ракова из подреда Astacidae. На подручју Европе данас живи пет врста аутохтоних слатководних ракова из породице Astacidae: *Astacus astacus*, *Astacus leptidactylus*, *Astacus pachypus*, *Austropotamobius pallipes*, и *Austropotamobius torrentium*. Поред аутохтоних, данас живе и алохтоне врсте. Најчешће су то америчке врсте *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) такође из породице Astacidae. Све три врсте (*Astacus astacus*, *A. pallipes* и *A. torrentium*) заштићене су и на нивоу Европе: уврштене су на IUCN ову црвену листу угрожених врста (IUCN - International Union for Conservation of Nature) такође су уврштене и у Апендикс бр. III Бернске конвенције по којем је њихово искоришћавање под строгом контролом и надзором сваке државе (Taylor, 2002), а врсте *A. torrentium*, и *A. pallipes* су и у Директиви о стаништима Европске уније.

Циљ ове докторске дисертације био је анализирати популације различитих врста слатководних (Decapodnih) ракова са простора Црне Горе како би се добили подаци о њиховој дистрибуцији, екологији, као и да се одреде филогенетски и еволуцијски односи јединки врста *A. torrentium*, *A. pallipes* и *A. astacus* узоркованих са простора Хрватске, Србије и Црне Горе као и њихова процјена ризика изумирања и приоритети конзервације биодиверзитета акватичних екосистема.

Анализа је обухватила физичко-хемијске параметре вода у којима је забиљежено присуство слатководних (Decapodnih) ракова. Сваком уловљеном раку измјерено је 23 морфометриска обиљежја, која су описана стандардном дескриптивном статистиком (средња вриједност, мин-мах, стандардна девијација, коефицијент варијације.) Исте морфометриска обиљежја измјерена су код врсте *A. astacus* из језера Бусер-Србија и такође су описани стандардном дескриптивном статистиком. Подаци су затим нормализирани тако што им је вриједност подијељена с одговарајућом посторбиталном дужином ( $POL=HEL+ARL$ ) и у резултатима који се односе на морфометриска обиљежја узимали смо у обзир само нормализоване улазне вриједности. За нормално дистрибуиране податке користили смо параметарски Т- тест како би смо упоредили разлике морфометријских обиљежја код мужјака и женки, а за мали број узорака радили смо Mann-Whitney U тест. Анализа варијансе (ANOVA) је коришћена да се види да ли постоје статистички значајне разлике између популација исте врсте, или различитих врста, собзиром да постоје разлике радили смо дискриминантну анализу (DA).



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ПРИРОДНО – МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ  
ИНСТИТУТ ЗА БИОЛОГИЈУ И ЕКОЛОГИЈУ  
Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија



Филогенетске анализе :

Анализа методом највеће штедљивости (MP метода) - спроведена је употребом програма RAUP\* 4.0B10 (Swofford, 2001). За добијање филогенетских стабала анализирани су датотеке секвенци гена 16S rRNA и COI у nexus формату. Свака датотека састојала се од вишеструко срањених секвенци појединог гена. Статистичка анализа вјероватноће овако добијеног филогенетског стабла проведена је методом самоучитавања.

Анализа Bayesian методом (BA метода) - Bayesian анализа темељи се на сазнању о вјероватноћама које су процијењене на основу неког модела тзв. накнадним вјероватноћама. Bayesian анализа спроведена је помоћу програма MR. BAYES 3.1.1 (Ronquist и Huelsenbeck, 2003) употребом методе “Metropolis-coupled Markov Chain Monte Carlo” која се темељи на низу независних претрага за скупом најбољих стабала. Урађене су абиотичке карактеристике станишта и то: географске, морфометријске, физичке и хемијске. Као и карактеристике популација: укупна бројност, полна структура (% женки и мужјака), узрасна структура и % репродуктивно способних женки по узрасним класама. Такође су приказани параметри и тростепена бодовна скала модела „ES-NIPPO“ (Simić *et al.*, 2007) која обухвата параметре: Еколошке Специјализације (ES): станиште, исхрану, репродуктивну стратегију, подлога, историју живота, величину тијела, ниво ендемизма и острвска изолација-изолација и „NIPPO” факторе: измјене станишта, инвазивне врсте, загађење, раст хумане популације и прекомјерно искориштавање.

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| Датум прихватања теме од стране ННВ |  |
| Датум одбране                       |  |
| Чланови комисије                    | Проф.др Владица Симић<br>Проф. др Ивана Maguire<br>Научни сарадник др Момир Пауновић |



UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC  
FACULTY OF SCIENCE  
DEPARTMENT FOR BIOLOGY AND ECOLOGY  
Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија



KEY WORDS DOKUMENTATION

|                        |   |
|------------------------|---|
| Accession number       |   |
| Type of records        | Textual material, printed   |
| Contents code          | PhD thesis  |
| Author                 | M. Sc. Milka L.Rajkovic   |
| Mentor                 | Prof. dr Vladica Simic  |
| Title                  | Distribution, phylogeny, ecology and conservation of crayfish of the family Astacidae in Montenegro |
| Language of text       | Serbian (Roman) (scr)   |
| Language of abstract   | Serbian (Roman) / English   |
| Country of publication | Serbia  |
| Publication year       | 2012.   |
| Publisher              | Copyright reprint   |
| Publisher place        | IX crnogorske 33.<br>20 000 Podgorica, Montenegro   |
| Scientific field       | Biology   |
| Scientific discipline  |   |
| Key words              |   |
| Holding data           | In library of Faculty of Science, Kragujevac,<br>34 000 Kragujevac, Serbia, R. Domanovica<br>12     |
| Note                   |   |

## Abstract

Up to date, about 600 species of freshwater (Decapods) crayfish from Astacida suborders was described in the world. Today, five species of freshwater crayfish from the family Astacidae (*Astacus astacus*, *Astacus leptidactilus*, *Astacus pachypus*, *Austropotamobius pallipes* and *Austropotamobius torrentium*) lives in Europe. Besides to autochthonous, now there are allochthonous species living there. They are mainly American species *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) also from the family Astacidae. All three species (*A. astacus*, *A. pallipes* and *A. torrentium*) are protected at European level: listed on IUCN Red List of threatened species (IUCN - International Union for Conservation of Nature) and they are also having been included in Appendix no. III of the Bern Convention by which their exploitation is under strict control and supervision of each state (Taylor, 2002), and type *A. torrentium*, and *A. pallipes* are in the Habitats Directive of the European Union. The goal of this dissertation was to analyze the populations of different species of freshwater (Decapods) crayfish from Montenegro in order to obtain information on their distribution, ecology, and to determine the phylogenetic and evolutionary relationships between individuals of species *A. torrentium*, *A. pallipes* and *A. astacus* sampled from Croatia, Serbia and Montenegro as well as their assessment of extinction risk and conservation priorities for biodiversity in aquatic ecosystems. The analysis included physically-chemical parameters of waters where was registered the presence of freshwater (Decapods) crayfish. For each caught crayfish 23 morphometric feature were measured and described by standard descriptive statistics (medium value, min-max value, standard deviation, and coefficient of variation). Same morphometric characteristics have been measured for the species *A. astacus* from the lake Buser-Serbia and they have also been described by the standard descriptive statistics. The data were then normalized on the way that their value was divided by the corresponding postorbital length ( $POL = HEL + ARL$ ) and the results related to the morphometric characteristics were taken into account only the normalized input values. For normally distributed data we used the parametric T-test to compare differences of morphometric characters for males and females, and for a small number of samples we have been used Mann-Whitney U test. Variance analysis (ANOVA) was used to establish whether there are statistically important differences between populations of the same species or different species. Considering that there were differences, we worked discriminate analysis (DA).





UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTMENT FOR BIOLOGY AND ECOLOGY

Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија



Phylogenetic analysis:

Analysis by method of *maximum parsimony* (MP method) - was conducted by using program PAUP \* 4.0b10 (Swofford, 2001). In order to obtain phylogenetic trees, files of gene sequences of 16S rRNA and COI in nexus format were analyzed. Each file was consisted of razing of multiple sequences of individual genes. Statistical analysis of probability of the proposed phylogenetic tree was conducted by self-loading.

Bayesian analysis method (BA method) - Bayesian analysis is based on the knowledge of the probabilities that are estimated on the basis of a so-called models - subsequent probabilities. Bayesian analysis was performed by program MR. Bayes 3.1.1 (Ronquist and Huelsenbeck, 2003) using the method „Metropolis-coupled Markov Chain Monte Carlo” which is based on a series of independent analyses with the best set of trees. Abiotic characteristics of habitat have been performed, such as: geographic, morphometric, physical and chemical as well as the population characteristics: total number, gender structure (% of females and males), age distribution and percentage of reproductive age females by age classes. Also the parameters and the three-stage model scale “ES-HIPPO” (Simic *et al.*, 2007), which includes parameters: Ecological specialization (ES): habitat, diet, reproductive strategy, substrate, life history, body size, level of endemism and island isolation and isolation-”HIPPO” factors: habitat change, invasive species, pollution, human population growth and overexploitation.

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Accepted by Scientific Board on |   |
| Defended on                     |   |
| Commission                      | <p>Prof. dr Vladica Simić<br/>         Prof. dr Ivana Maguire<br/>         Research associate dr Momir Paunović</p> |

## БИОГРАФИЈА СА ПУБЛИКАЦИЈАМА КАНДИДАТА

Мр Милка Ј. Рајковић родјена је 1973. године у Плаву, Црна Гора. Основну и средњу школу завршила је у Плаву. Студије Биологије на Природно – математичком факултету Универзитета у Подгорици. Школске 2002/03. године, уписала је специјалистичке студије на Природно – математичком факултету Универзитета у Крагујевцу студиска група хидробиологија и заштита вода. положила све планом и програмом предвиђене испите. Специјалистичку тему под називом “ Оптимални еколошки услови за развој ријечног рака (*Astacus astacus* Linne) у воденим екосистемима на подручју горњег тока ријеке Зете” одбранила је 2004. године. На истом факултету 2004 године уписује магистарске студије, и магистарску тежу под називом “Одрживо коришћење популације ријечног рака *Astacus astacus* (Linne 1758) у воденим екосистемима горњег тока ријеке Зете” коју је успјешно одбранила 2007. године. Такође, на истом факултету новембра 2007. године уписује докторске студије. Од 2001. године је у сталном рандом односу у Републичком заводу за заштиту природе у Подгорици као истраживач хидробиолог у праћењу, утврђивању и евидентирању потенцијалних природних вриједности постојеће фауне, учешће у спровођењу поступака еколошке валоризације на заштићеним објектима природе и другим пословима из дјелокруга рада зоолога.

### Радови објављени

- Drago Marić & **Milka Rajković** (2004). Competitors and predators the cause of crayfish (*stacus astacus* L.) numerosity decrease in the waters of Nikšić region. *Natura Montenegrina* , Podgorica,3, 101-111.
- Milka Rajković**, V.Simić & A.Petrović (2006). Length-weight gain of European crayfish *Astacus astacus* L. in the area of the upper course of the Zeta river, Montenegro. *Arch. Biol. Sci.*,Belgrade, 58(4),233-238
- Simić, V.; Petrović, A.; **Rajković, M.**; Paunović, M. (2008) Crayfish of Serbia and Montenegro - the population status and the level of endangerment . *Crustaceana*, Volume 81, Number 10, 2008, pp. 1153-1176 (24)
- M. Rajković**, A. Petrović, I. Maguire, V. Simić, S. Simić and M. Paunović (2012) Discovery of a new population of the species complex of the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes/italicus* (Decapoda, Astacidae) in Montenegro, range extension, endangerment, and conservation . *Crustaceana* , Volume 85, (3): 333-347

*Рад посвећујем мојим драгим родитељима, оцу Лабуду  
и мајци Радојки чија ме несебична љубав изградили оним  
што јесам, чије су ми врлине и карактерне особине уливале  
снагу, а понос обавезивао да истрајем.*