Morfološke značajke invazivne vrste signalnog raka Pacifastacus leniusculus (Dana, 1852) u rijekama Muri i Korani

Kolarić, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:047230

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Petra Kolarić

Morfološke značajke invazivne vrste signalnog raka *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) u rijekama Muri i Korani

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za biologiju i ekologiju mekušaca i rakova na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Ivane Maguire i dr. sc. Sandre Hudina. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

Zahvaljujem se izv. prof. dr. sc. Ivani Maguire koja mi je kao profesorica na kolegiju 'Invazivne vrste' usadila želju te pružila priliku za izradu ovog rada. Također joj velika hvala na ukazanom povjerenju, bezrezervnoj pomoći, brojnim savjetima, strpljenju i tome što je posvetila mnogo vremena kako bi mi pomogla u izradi rada. Zahvaljujem se i dr. sc. Sandri Hudini na potpori, prepravcima rada, savjetima, ustupljenoj literaturi, te što me dodatno zainteresirala za odabirom ove teme kao diplomskog rada.

Također, veliko hvala mojim roditeljima koji su mi uvijek bili potpora i koji su mi omogućili ovaj studij, hvala im na velikom povjerenju i neizmjernoj pomoći.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek Diplomski rad

Morfološke značajke invazivne vrste signalnog raka *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) u rijekama Muri i Korani

Petra Kolarić
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Signalni rak, *Pacifastacus leniusculus*, je invazivna vrsta slatkovodnih deseteronožnih rakova koja je u Hrvatskoj prvi puta zabilježena 2008. godine u rijeci Muri. Godine 2011. ova je vrsta zabilježena i u rijeci Dravi, u koju se proširila iz Mure, te u Korani, u koju je unesena antropogenim putem. Dosadašnja su istraživanja pokazala da je signalni rak rasprostranjen u donjem toku rijeka Mure i Korane. Cilj ovog istraživanja je bio po prvi puta usporediti morfološke značajke geografski odvojenih populacija invazivne vrste signalnog raka iz rijeka Mure i Korane te dobiti detaljan uvid u populacijsku strukturu, kao i utvrditi moguće razlike između njih. Analizirana je 21 morfometrijska značajka na 110 jedinki vrste signalnog raka, ulovljenih na dvije lokacije na svakoj rijeci. Dobiveni rezultati su pokazali da postoje značajne razlike u morfometrijskim značajkama između spolova na svim istraženim postajama, kao i značajne razlike između lokaliteta, odnosno rijeka, i kod mužjaka i kod ženki. Multivarijantnom diskriminantnom analizom prikupljenih podataka utvrđene su značajke koje najbolje odvajaju populacije signalnih rakova. Razlike u mjerenim značajkama između rijeka možemo pripisati razlikama u staništu, dok razlike između populacija s iste rijeke možemo pripisati utjecaju gustoće populacija i intraspecijske kompeticije na rast jedinki.

(44 stranica, 13 slika, 15 tablica, 97 literaturnih navoda, 8 priloga, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici
Ključne riječi: slatkovodni ekosustavi, biološke invazije, strane vrste, populacija, Hrvatska

Voditelji: Izv. prof. dr. sc. Ivana Maguire

Ocjenjitelji: Izv. prof. dr. sc. Ivana Maguire, Doc. dr. sc. Renata Šoštarić,
Doc. dr. sc. Neven Bočić, Izv. Prof. dr. sc. Jasenka Sremac

Rad prihvaćen: 4.2.2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

Morphological characteristics of invasive signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) in the Mura and Korana rivers

Petra Kolarić
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, is an invasive species of freshwater decapod crustaceans, which was first recorded in Croatia in 2008 in the Mura River. In 2011 this species was recorded in the Drava River, where it spread from the Mura River, and also in the Korana River, where it was introduced by human activities. Previous research has shown that the signal crayfish is dispersed in the lower course of the Mura and Korana rivers. The aim of this study was to compare the morphological features of geographically separate populations of this invasive signal crayfish species from Mura and Korana rivers, and to get a detailed insight into the population structure, as well as to determine possible differences between them. We analyzed 21 morphometric characteristics on 110 individuals of the signal crayfish, caught in two locations on each river. The results showed significant differences in morphological characteristics between the sexes at all investigated sites, and significant differences between localities and rivers, both in males and females. With multivariate discriminant analysis we determined the principal morphometric characteristics which separate the populations of signal crayfish. These differences in measured morphometric characteristics between the rivers can be attributed to differences in habitat, while differences between populations of the same river are probably driven by density-dependence processes and intraspecific competition on the growth of individuals.

(44 pages, 13 figures, 15 tables, 97 references, 8 attachments, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological library
Key words: freshwater ecosystems, biological invasions, alien species, population, Croatia

Supervisor: Assoc. Prof. Ivana Maguire
Reviewers: Assoc. Prof. Ivana Maguire, Asst. Prof. Renata Šoštarić,
Asst. Prof. Neven Bočić, Assoc. Prof. Jasenka Sremac

Thesis accepted: 4.2.2016.

SADRŽAJ

1. UVOD ……..…..1

1.1. Slatkovodni ekosustavi ……..…..1

1.2. Biološke invazije …...…….....2

1.2.1. Proces invazije stranih vrsta ……2

1.3. Strane invazivne vrste rakova u slatkovodnim ekosustavima ……...3

1.4. Strane vrste slatkovodnih rakova na području Europe …….....4

1.5. Rasprostranjenost autohtonih i invazivnih vrsta rakova u Hrvatskoj ……...5

1.6. Strana invazivna vrsta signalni rak (*Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852)) ...5

2. CILJ ISTRAŽIVANJA ……....7

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA ……...8

3.1. Rijeka Mura ……...…….8

3.2. Rijeka Korana ……..……...9

4. MATERIJALI I METODE ……...11

4.1. Uzorkovanje jedinki …….....….....11

4.2. Laboratorijske analize ……...……...13

4.3. Statistička obrada podataka …….…...15

5. REZULTATI ……..……16

5.1. Usporedba morfometrijskih značajki signalnog raka na rijekama Muri i Korani ……....16

5.1.1. Uzrasno-spolna struktura populacija signalnog raka na rijekama Muri i Korani ……..…….....16

5.1.2. Usporedba morfometrijskih značajki između spolova……...…….22

5.1.3. Usporedba morfometrijskih značajki između lokaliteta……..…...22

6. RASPRAVA ……....32

7. ZAKLJUČAK ……..…..36

8. LITERATURA ……...37

9. ŽIVOTOPIS ……....45

10. PRILOZI ……47

1. UVOD

1.1. Slatkovodni ekosustavi

Slatkovodni sustavi su izuzetno raznoliki, ali i vrlo osjetljivi ekosustavi koji se na globalnoj razini nalaze pod stalnim antropogenim pritiskom (Dudgeon i sur., 2006). Gubitak biološke raznolikosti uslijed antropogenih pritisaka najizraženiji je upravo u slatkovodnim ekosustavima (Sala i sur., 2000), a svjetska bioraznolikost uvelike ovisi o njima (Genovesi, 2007). Otprilike 0,8 % Zemljine površine čine kopnene vode, a od toga 0,01 % čine slatkovodni ekosustavi (Gleick, 1996). Kopnene vode i njihova bioraznolikost predstavljaju iznimno vrijedan prirodni resurs i imaju važnu ulogu u gospodarstvu, kulturi, estetici, znanosti i obrazovanju (Dudgeon i sur., 2006). Glavne prijetnje slatkovodnoj bioraznolikosti su: pretjerana eksploatacija, onečišćenje voda, izmjene prirodnih tokova, uništavanje i degradacija staništa te unos stranih invazivnih vrsta (Allan i Flecker, 1993; Naiman i sur., 1995; Naiman i Turner, 2000; Jackson i sur., 2001; Malmqvist i Rundle, 2002; Rahel, 2002; Postel i Richter, 2003; Revenga i sur., 2005). Tih pet glavnih uzročnika u međusobnoj kombinaciji i interakciji negativno utječu na slatkovodnu bioraznolikost diljem svijeta. Može se reći da su slatkovodni sustavi najugroženiji ekosustavi na Zemlji jer su iznimno osjetljivi na antropogena djelovanja i promjene u okolišu, a glavni razlog tome je disproporcionalni odnos udjela kopnenih voda i bogatstva vrsta koje nastanjuju te ekosustave (Dudgeon, 2005). Procjenjuje se da u slatkovodni sustavima živi oko 126 000 vrsta, što čini 9,5 % od ukupnog broja vrsta na Zemlji (1 324 000 vrste; UNEP, 2002). Preko 10 000 vrsta riba živi u slatkim vodama (Lundberg i sur., 2000), što čini 40 % od ukupnog broja ribljih vrsta na Zemlji te jednu četvrtinu svih kralježnjaka. Kada tome pridodamo vodozemce, vodene gmazove i sisavce koji nastanjuju slatke vode, ispada da oni čine jednu trećinu svih kralježnjaka na globalnoj razini (Dudgeon, 2005). Kukci su najmnogobrojnija skupina ovih ekosustava s udjelom od 60,4 % (Balian, 2007). Procjenjuje se da između 50 000 i 100 000 slatkovodnih vrsta živi u podzemnim vodama (Gibert i Deharveng, 2002). Uzimajući u obzir da slatkovodni ekosustavi zauzimaju udio od tek 0,01 % vodenih sustava na površini Zemlje, možemo zaključiti da se velik dio bioraznolikosti nalazi upravo u njima te su oni iznimno važni na globalnoj razini (Balian, 2007). Nažalost, bioraznolikost slatkovodnih sustava još uvijek nije dovoljno istražena pogotovo što se tiče beskralježnjaka, te tropskih područja koje nastanjuje velik broj vrsta. Stoga se pretpostavlja da je stvarni gubitak bioraznolikosti u slatkovodnim ekosustavima mnogo veći nego što to pokazuju rezultati kojima raspolažemo (Dudgeon, 2005). Također, važno je napomenuti da slatkovodni ekosustavi pružaju mnoge usluge cjelokupnom ljudskom društvu, od kojih su neke nezamjenjive (Dudgeon, 2005).

1.2. Biološke invazije

Biološke invazije su jedan od glavnih uzročnika brzog smanjenja biološke raznolikosti (Genovesi, 2007), te pripadaju među najznačajnije uzročnike antropogenih promjena u okolišu (Sala i sur., 2000). Biološke invazije su u značajnom porastu posljednjih desetljeća, a negativni učinci invazivnih vrsta su preveliki da bi ih se ignoriralo (Genovesi, 2007). Zbog ranjivosti slatkovodnih sustava, biološke invazije mogu prouzročiti potpunu dominaciju stranih vrsta na području zahvaćenom invazijom (Holdich i Pöckl, 2007). Smatra se da su invazivne strane vrste, nakon uništavanja staništa, drugi vodeći faktor gubitka biološke raznolikosti (Lodge i sur., 2000). Važno je definirati invazivne vrste te reći da su to strane vrste unesene na novo područje izvan svog prirodnog areala rasprostranjenosti, gdje se uspijevaju nesmetano razmnožavati i širiti, a uzrokuju značajne ekološke i/ili ekonomske štete (Pyšek i sur., 2008).

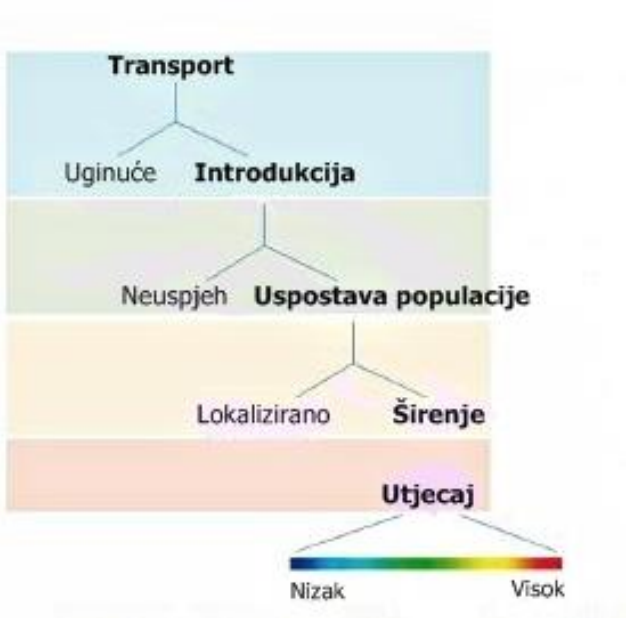
Biološke invazije su direktna posljedica brzorastućeg razvoja transporta, trgovine i turizma, a jedan od glavnih uzroka introdukcije vodenih invazivnih vrsta su vodeni promet, balastne vode i obraštaji plovila preko kojih su vrste transportirane na nova područja (Genovesi, 2007). Velik broj vrsta premješten je iz svog prirodnog areala i unesen na novo područje te problem nastaje kada te unesene vrste uspostave populacije koje se zatim počnu širiti (Lockwood i sur., 2007).

Zna se da je brzina invazije mnogo veća u vodenim nego u kopnenim ekosustavima. Invazivne vrste u vodenim sustavima imaju tendenciju bržeg rasprostranjivanja te ih je teško detektirati, a još ih je teže ukloniti iz sustava i kontrolirati njihovu brojnost. Biološke invazije slatkovodnih sustava Europe glavna su prijetnja biološkoj raznolikosti, ljudskom zdravlju i blagostanju, te je neophodno smanjiti utjecaj invazivnih vrsta na autohtone vrste (Genovesi, 2007). Strane vrste mogu biti iznimno opasne zato što mogu prouzročiti ozbiljne ekološke i ekonomske probleme (Mooney i sur., 2005).

1.2.1. Proces invazije stranih vrsta

Nakon što dospiju na novo područje, strane vrste moraju proći najmanje tri stadija invazije prije nego mogu nanijeti ekološku i ekonomsku štetu (Slika 1.). Sve strane vrste započinju invaziju kao jedinke koje su iz svog prirodnog područja rasprostranjenosti prenesene na neko novo područje gdje prvo moraju uspostaviti samoodrživu populaciju. Nakon što je stabilna populacija uspostavljena, vrsta može proširiti svoj areal rasprostranjenosti ili se može dogoditi da ostane malobrojna i da se ne širi na okolno područje. Ako takva raširena i velika populacija strane vrste prouzroči ekološku i ekonomsku štetu, tada se ta vrsta proglašava invazivnom.

Mnoge vrste ne uspiju prijeći sve stadije invazije. U procesima invazije uspješno je između 5 i 20 % vrsta, s prosjekom od 10 %. Zanimljivo je i to što neke vrste mogu biti neuspješne na jednom, a uspješne na drugom području u procesima invazije. Uspješnost invazije ovisi o vrstama i zajednici u koje je unesena te o osobinama same vrste (Lockwood i sur., 2007).



Slika 1. Shematski prikaz stadija invazije (Prilagođeno prema Lockwood i sur., 2007).

1.3. Strane invazivne vrste rakova u slatkovodnim ekosustavima

Rakovi su najveći i među najdulje živućim beskralježnjacima u slatkovodnim sustavima umjerenih područja (Gherardi, 2007), te su jedna od najčešće unošenih vodenih stranih vrsta (Holdich i sur., 2009; Moorhouse i MacDonald, 2011). Mogu prouzročiti štetan utjecaj na autohtone populacije rakova i ostale biote, posebice na ribe, školjkaše i makrofite bentosa (Nyström i sur., 1996; Holdich i sur., 2009; Reynolds, 2011), te isto tako negativno djeluju i na samo stanište potoka i rijeka (Johnson i sur., 2010). Njihovu invaziju pospješuju značajke životnog ciklusa kao što su brza stopa rasta, visok fekunditet, rano sazrijevanje, dobra prilagodljivost na kvalitetu vode i staništa te tolerancija na zagađenja (Souty-Grosset i sur., 2006; Faria i sur., 2010; Crooks i sur., 2011). Invazivne vrste rakova mogu bitno promijeniti strukturu vodenih zajednica i funkcioniranje cijelog ekosustava (Griffiths i sur., 2004; Crawford i sur., 2006; Stancliffe-Vaughan, 2009). Širenje stranih vrsta rakova ima devastirajući učinak na autohtone vrste rakova, koje nestaju u kontaktnim zonama uglavnom zbog posljedica račje kuge (Pöckl, 1999) koju im strane vrste rakova prenose, te kompeticije za prostor i hranu (Söderbäck, 1995; Westman i sur., 2002). Procijenjeno je da je između

jedne trećine i jedne polovine slatkovodnih rakova na svijetu suočeno s padom broja populacija ili izumiranjem (Taylor, 2002).

Kada se invazivne vrste rakova ustale na nekom području, one uzrokuju znatne promjene okoliša te u većini slučajeva izazivaju nepopravljive promjene u bioraznolikosti (Twardochleb i sur., 2013). Invazivne vrste utječu na jedinke (morfologija, životni ciklus, ponašanje), dinamiku populacije (gustoća, rast populacije itd.), genetsku strukturu autohtonih vrsta rakova (uključujući hibridizaciju između invazivne i autohtone vrste; Parker i sur., 1999), a imaju i negativan učinak na cijelu zajednicu i na procese u ekosustavu (Crawford i sur., 2006). Strane vrste često sa sobom donose i razne bolesti i patogene. Sjevernoameričke vrste rakova prijenosnici su bolesti račja kuga (Holdich i sur., 2009), koju uzrokuje patogen *Aphanomyces astaci* Schikora, koja je letalna za autohtone vrste rakova, a na koju su sjevernoameričke vrste otporne (Cerenius i Söderhäll, 1992). Još od 1860-tih velik dio populacija europskih rakova je desetkovan upravo tom bolešću (Gherardi, 2007). Prema IUCN-u *A. astaci* svrstana je u 100 najgorih invazivnih vrsta na svijetu (Lowe i sur., 2000).

1.4. Strane vrste slatkovodnih rakova na području Europe

Unos i uzgoj stranih vrsta rakova u Europi je u porastu, tako da danas većina europskih zemalja ima barem jednu unesenu stranu vrstu (Holdich, 2002). Rakovi su među najuspješnijim invazivnim vrstama kopnenih voda Europe, s 90 %-tnom uspješnošću, pa će tako od deset introduciranih vrsta rakova najmanje devet vrsta uspostaviti populaciju (Holdich i Pöckl, 2007). Trenutno su u Europi invazivne vrste rakova dvostruko brojnije nego autohtone vrste rakova (Holdich i sur., 2009), a pet autohtonih vrsta rakova u Europi ugroženo je, osim invazivnim vrstama i raznim drugim faktorima koji im prijete (npr. gubitak staništa, smanjenje kvalitete vode, prekomjeran izlov, klimatske promjene; Holdich i sur., 2009).

Od ukupno deset stranih vrsta rakova na području Europe, osam ih je porijeklom iz Sjeverne Amerike, a dvije vrste su s područja Australije (Holdich i sur., 2009). Strane vrste rakova možemo podijeliti na dvije skupine, stare vrste, koje su unesene u Europu prije 1975. godine, i nove vrste koje su unesene nakon 1980. godine. Sve te vrste uglavnom su bile unesene za potrebe akvakulture (Holdich i sur., 2009). Stare strane vrste rakova vrlo je teško kontrolirati i praktički ih je nemoguće eliminirati nakon što uspostave populaciju (Holdich i sur., 1999; Peay i sur., 2006; Aquiloni i sur., 2009). U nekim slučajevima, strane vrste rakova mogu se toliko udomaćiti na novom području da postanu dijelom kulture tog prostora i prihvaćene su kao autohtone vrste (Holdich i sur., 2006).

Tri najrasprostranjenije strane vrste rakova na području Europe su vrste s područja Sjeverne Amerike, a to su: *Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus* i *Procambarus clarkii*. Te tri vrste možemo svrstati u skupinu starih stranih vrsta rakova. U skupinu novih stranih vrsta rakova spada pet sjevernoameričkih vrsta: *Orconectes immunis*, *Orconectes juvenilis*, *Orconectes virilis*, *Procambarus* sp. i *Procambarus acutus*, te dvije australske vrste: *Cherax destructor* i *Cherax quadricarinatus* (Holdich i sur., 2009).

1.5. Rasprostranjenost autohtonih i invazivnih vrsta rakova u Hrvatskoj

U slatkovodnim sustavima Hrvatske dosadašnjim su istraživanjima utvrđene četiri autohtone europske vrste slatkovodnih deseteronožnih rakova: riječni rak (*Astacus astacus*), uskoškari rak (*Astacus leptodactylus*), potočni rak (*Austropotamobius torrentium*) i bjelonogi rak (*Austropotamobius pallipes*) (Maguire i Gottstein Matočec, 2004). Vrste *Astacus astacus*, *Austropotamobius pallipes* i *Austropotamobius torrentium* zaštićene su Zakonom o zaštiti prirode (Narodne novine, 80/13) te Pravilnikom o strogo zaštićenim vrstama (Narodne novine, 144/13). Osim autohtonih, u Hrvatskoj je utvrđena i prisutnost stranih, sjevernoameričkih vrsta: *Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus* i *Procambarus fallax* f. *viriginalis* (Maguire i Klobučar, 2003; Maguire i sur., 2008; Samardžić i sur., 2014). *Orconectes limosus* je vrsta koja se pojavljuje u mnogim državama Europe, uključujući i nama susjedne države, Mađarsku i Austriju (Holdich i sur., 2009). U Hrvatskoj je zabilježena 2003. godine (Maguire i Klobučar, 2003; Maguire i Gottstein Matočec, 2004) na istoku Hrvatske, u Parku prirode Kopački rit gdje se iz Mađarske proširila rijekom Dunav (Hudina i sur., 2009). Vrsta *Procambarus fallax* f. *viriginalis* uočena je 2013. godine u jezeru Šoderica koje se nalazi blizu rijeke Drave i mađarske granice (Samardžić i sur., 2014).

1.6. Strana invazivna vrsta signalni rak (*Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852))

Signalni rak je najraširenija invazivna vrsta raka u Europi čije je prisustvo zabilježeno u 29 europskih zemalja (Kouba i sur., 2014; Slika 2.). Ova invazivna vrsta predstavlja veliku prijetnju slatkovodnim sustavima diljem svijeta (Twardochleb i sur., 2013). Djeluje negativno na autohtone vrste rakova zato što prenosi smrtonosnu bolest račju kugu (Dieguez-Uribeondo, 2006), kompetitivnija je i agresivnija od autohtonih vrsta (Söderbäck, 1995; Westman i sur., 2002), te brzo raste, ima visoku plodnost i rano spolno sazrijevanje (Souty-Grosset i sur., 2006). Uz sve to, signalni rak se brzo širi, posebno u nizvodnom smjeru gdje se može proširiti od 18 do 24,4 km godišnje (Hudina i sur., 2009). Osim na autohtone vrste rakova, signalni rak utječe i na ostale biote, kao što su makrozoobentos i ribe i uz to može mijenjati fizičko

okruženje potoka i rijeka (Stancliffe-Vaughan, 2009). Ilegalan unos ove vrste najveći je krivac za njeno rasprostranjivanje diljem Europe (Bohman i sur., 2011). Samo u periodu od 2006. do 2009. godine, ova je vrsta prenesena u najmanje tri države Europe u kojima je do tada nije bilo (Holdich i sur., 2009). U Hrvatskoj je signalni rak prvi put zabilježen 2008. godine u rijeci Muri (Maguire i sur., 2011) gdje se proširio nizvodnim putem iz Austrije gdje je ilegalno iz Kalifornije unesen 1970-ih godina (Pöckl i Pekny, 2002; Holdich i sur., 2009). 2011. godine zabilježeno je njegovo prisustvo i u rijeci Dravi, otprilike 30 km nizvodno od ušća s rijekom Murom (Hudina i sur., 2013). Iste 2011. godine ova je vrsta pronađena i u rijeci Korani u koju je unesena od strane ljudi (Hudina i sur., 2013).



Slika 2. Signalni rak (*Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852)) (foto: P. Kolarić).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Signalni rak predstavlja veliku prijetnju autohtonim vrstama rakova, te ostalim vrstama slatkovodnih ekosustava. Stoga je potrebno upotpuniti dosadašnja istraživanja kako bi što bolje upoznali vrstu i ublažili negativne posljedice koje ta vrsta uzrokuje svojom prisutnošću, te kako bi se što uspješnije provodile mjere za sprečavanje njezinog širenja. Kako bi upotpunili dosadašnja istraživanja ove vrste u Hrvatskoj, cilj ovog istraživanja je po prvi puta usporediti morfološke značajke populacija vrste *Pacifastacus leniusculus* iz rijeka Mure i Korane. Usporedbe ovih geografski odvojenih populacija do sada nisu napravljene. Kroz analizu prikupljenih podataka kao što su morfološke značajke i podaci dobno-spolne strukture moguće je dobiti detaljan uvid u populacijsku strukturu ove vrste na dvije rijeke, ustanoviti moguće razlike između tih populacija te utvrditi morfometrijske značajke koje ih najbolje odvajaju. Razlike između populacija nam mogu ukazati na mogućnost da je ova vrsta, u rijeku Muru i Koranu, unesena s različitih područja ili da su morfološke razlike nastale kao posljedica prilagodbe na specifične uvjeta staništa na koje je vrsta unesena. Podaci dobiveni ovim istraživanjem kasnije nam mogu poslužiti za izradu planova upravljanja ovom invazivnom stranom vrstom te nam mogu pomoći pri odabiru adekvatnih metoda kontrole ove vrste na staništima na kojima se proširila.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. Rijeka Mura

Rijeka Mura najveći je pritok rijeke Drave, s ukupnom duljinom od 444 km i s porječjem od 14 304 km^2 od kojeg više od polovice pripada Austriji. Ostatak porječja nalazi se na prostoru Slovenije, Hrvatske i Mađarske (Globevnik i Kaligarič, 2005). Mura izvire u Austriji ispod Visokih Tura, a do Hrvatske dolazi kroz Austriju i Sloveniju (DZZP, 2009).

Hidrološki režim rijeke Mure ovisi o količini otopljenog snijega u Austriji, s uobičajenim višim vodostajem u proljetnim mjesecima i nižim u zimskom periodu (Globevnik i Kaligarič, 2005). Klima tog područja je blaga kontinentalna i djelomično vlažna s prosječnom godišnjom temperaturom od 10,9 ºC i prosječnom količinom padalina od 600 do 750 mm godišnje (Sommerwerk i sur., 2009).

Na rijeci su napravljene velike hidromorfološke promjene zbog regulacije rijeke, iskopa šljunka i pijeska, te stabilizacije obalnog dijela rijeke (Schneider-Jacoby, 2005).

Istraživanje na rijeci Muri provedeno je u mjesecu srpnju 2009. godine, na donjem toku rijeke. Priobalna vegetacija rijeke slabo je razvijena, a obala je strma. U sastavu supstrata dominiraju kameni blokovi veličine do 40 cm te šljunak i pijesak (Hudina i sur., 2009; Slika 3.).



Slika 3. Prikaz rijeke Mure i obalne vegetacije (foto: S. Hudina).

3.2. Rijeka Korana

Rijeka Korana je 134 km duga krška rijeka središnjeg dijela Hrvatske. Ona je najveća pritoka rijeke Kupe u Crnomorskom slivu, sa slivnim područjem od 2297 km^2 i prosječnim protokom od 29 m^3s^{-1}. Rijeka Mrežnica se ulijeva u Koranu, a zatim se Korana ulijeva u Kupu. Izvorište rijeke nalazi se u Nacionalnom parku Plitvička jezera koji je poznat po specifičnim biogeografskim značajkama poput krških jezera odijeljenih sedrenim barijerama, s brojnim vodopadima i kaskadama (Roglić, 1974). Rijeka Korana izvire na samome kraju slijeda šesnaest krških jezera i teče sjevernim smjerom (Roglić, 1974).

Hidrološki režim ovisi o razdobljima kiše i otapanju snijega, te su povišeni vodostaji karakteristični za proljeće i ljeto, a niži za jesen i zimu (Gajić-Čapka i Zaninović, 2004). Klima ovog područja je blaga kontinentalna i djelomično vlažna, s prosječnom godišnjom temperaturom od 11,1 ºC i prosječnom količinom padalina od 700-1100 mm. Poput ostalih krških rijeka u Hrvatskoj, i Koranu karakterizira visoka bioraznolikost i velik broj endema (DZZP, 2009). Rijeka Korana i njeni pritoci sadrže i bogatu faunu rakova: riječni rak (*Astacus astacus*), potočni rak (*Austropotamobius torrentium*) koji su prisutni u gornjem toku i uskoškari rak (*Astacus leptodactylus*) koji je prisutan u donjem toku rijeke. Štoviše, rijeke krškog područja Hrvatske su potencijalno područje specijacije autohtone vrste potočnog raka, *Austropotamobius torrentium* (Klobučar i sur., 2013).

Istraživanje na rijeci Korani provedeno je u srpnju 2014. godine, na donjem toku rijeke, oko 30 km uzvodno od ušća rijeke Mrežnice u Koranu. Ovaj dio toka rijeke blagog je nagiba, prevladava sporiji riječni tok s gustom makrofitskom vegetacijom i obalom obraslom šumskom vegetacijom (Slika 4.).

Nedavna istraživanja na rijeci Korani pokazala su da je signalni rak prisutan u donjem toku rijeke, te su utvrđene i uzvodna i nizvodna fronta invazije. Na frontama invazije zabilježena je prisutnost autohtone vrste uskoškarog raka (*Astacus leptodactylus*), čija je gustoća populacije znatno smanjena zbog prisutnosti invazivne vrste signalnog raka (Hudina i sur., 2013).



Slika 4. Donji tok rijeke Korane i prikaz obalne vegetacije (foto: P. Kolarić).

4. MATERIJALI I METODE

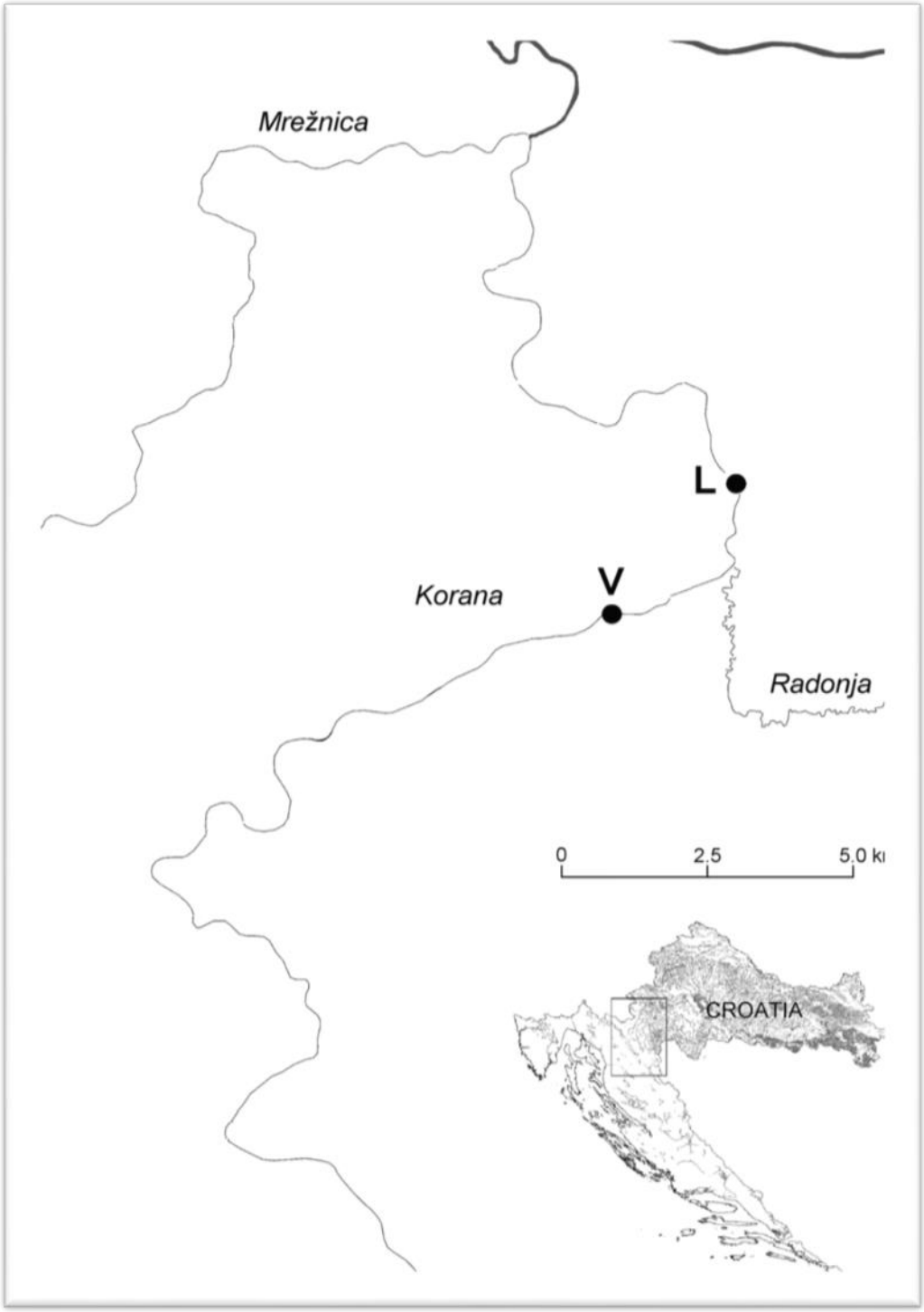
4.1. Uzorkovanje jedinki

Istraživanja su provedena na rijekama Muri i Korani tijekom mjeseca srpnja, kada su slatkovodni rakovi najaktivniji (Souty-Grosset i sur., 2006). Na rijeci Muri uzorkovanje je provedeno 2009., a na rijeci Korani 2014. godine. Jedinke su lovljene pomoću vrša za lov rakova, LiNi vrša (Slika 5.), koje su predviđene za lov rakova većih od 6 cm (Westman i sur., 1978).



Slika 5. LiNi vrša (foto: P. Kolarić).

Na rijeci Korani vrše su postavljene na dvije postaje, Varoš i Ladvenjak (Slika 6.). Postaja Ladvenjak nalazi se na nizvodnoj fronti invazije (Hudina i sur., 2013), a postaja Varoš smještena je u središtu distribucije signalnog raka. Na postaji Ladvenjak postavili smo deset vrša, a na postaji Varoš devet vrša u kojima su bili mamci. Postavljene su isti dan te su ostavljene u rijeci tijekom jedne lovne noći, a uzorkovanje je provedeno sljedeći dan. Na svakoj postaji zabilježili smo jesu li rakovi prisutni u vrši, zatim koordinate te je identificirana vrsta rakova i njihov broj. Jedinke invazivne vrste transportirali smo u laboratorij Zoologijskog zavoda Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu radi daljnjih laboratorijskih analiza. Uzorkovane jedinke smo zatim zamrznuli na temperaturi od -20 ºC.



Slika 6. Uzorkovane postaje na rijeci Korani: V = Varoš, L = Ladvenjak (izvor prema: Hudina i sur., 2013).

Za rijeku Muru koristili smo prethodno prikupljene podatke koji su dobiveni terenskim i laboratorijskim istraživanjem iz 2009. godine (Hudina i sur., 2012). Na rijeci Muri istraživanja su provedena na dvije postaje, Domašinec (fronta širenja) i Sv. Martin (središte

distribucije). Na svakoj postaji postavljene su LiNi vrše (Westman i sur., 1978), kroz tri lovne noći na postaji Domašinec te kroz pet lovnih noći na postaji Sv. Martin (Slika 7.).



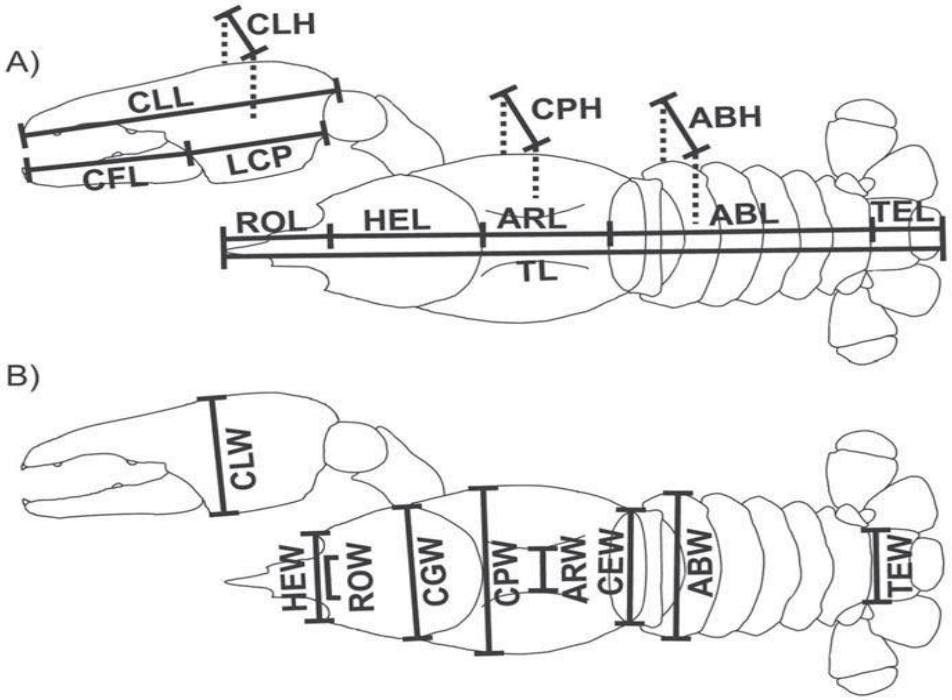
Slika 7. Uzorkovane postaje na rijeci Muri: M1 = Sv. Martin, M2 = Domašinec (izvor prema: Hudina i sur., 2012).

4.2. Laboratorijske analize

Svim ulovljenim jedinkama signalnog raka smo u laboratoriju odredili spol, zatim smo ih izvagali (masa (m) u gramima), te smo im digitalnim pomičnim mjerilom (točnost 0,01 mm) (Slika 8.) izmjerili 21 morfometrijsku značajku (Sint i sur., 2006; Slika 9. i Tablica 1.).



Slika 8. Digitalno pomično mjerilo (raspona 0 do 15 cm, preciznosti 0,01 mm) (foto: B. Šimunić).



Slika 9. Mjereni parametri: duljine (A) i širine (B) (izvor prema: Sint i sur., 2006).

Tablica 1. Objašnjenje kratica korištenih u morfometrijskim mjerenjima (izvor: vlastiti izvor, prilagođeno prema Sint i sur., 2006).

ABH	debljina abdomena
ABL	duljina abdomena
ABW	širina prvog začanog kolutića
ARL	duljina prsa
ARW	širina areole
CEW	širina cefalotoraksa prije repa
CFL	duljina pomičnog prsta
CGW	širina glave ispred cervikalne brazde
CLH	debljina kliješta
CLL	duljina nepomičnog prsta
CLW	širina kliješta
CPH	debljina prsa
CPW	širina prsa iza cervikalne brazde
HEL	duljina glave
HEW	širina glave iza očiju
LCP (CPL)	duljina dlana
ROL	duljina rostruma
ROW	širina rostruma
TEL	duljina telzona
TEW	širina telzona
TL	ukupna duljina

Zatim smo izračunali POL (postorbitalna duljina) prema formuli POL = HEL + ARL, a koja nam je poslužila za normalizaciju mjera tijekom daljnje obrade podataka. Također smo zabilježili i eventualne ozljede kod jedinki, te asimetričnost tjelesnih nastavaka uzrokovane ozljedama ili regeneracijom i takve jedinke nisu korištene u daljnjim analizama.

4.3. Statistička obrada podataka

Dobivene podatke statistički smo obradili u programima Statistica 7.0 (Statsoft Inc., 2000) i Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, 2010).

Dobivene morfometrijske podatke opisali smo pomoću standardne deskriptivne statistike (srednja vrijednost, minimum, maksimum, standardna devijacija).

Kako bi se izbjeglo dobivanje "lažno" značajnih rezultata zbog usporedbe većih i manjih jedinki, dobivene morfometrijske podatke smo normalizirali tako što smo njihovu vrijednost podijelili s odgovarajućom postorbitalnom duljinom (POL) i u analizama koje se odnose na morfometrijske značajke uzimali smo u obzir samo normalizirane ulazne vrijednosti. Kako bi usporedili morfometrijske značajke mužjaka i ženki, odnosno kako bi usporedili populacije signalnog raka iz dvije rijeke koristili smo t-test, a kako bismo usporedili morfometrijske značajke mužjaka i ženki s 4 lokaliteta provedena je analiza varijanci (ANOVA) s post-hoc testovima. Zatim smo obradili podatke pomoću multivarijantne diskriminantne analize (MDA), kako bismo utvrdili koje morfometrijske značajke najviše diskriminiraju (odvajaju) jedinke različitih populacija. Na kraju smo odredili vrijednosti kanoničkih varijabli kako bismo vizualizirali dobivene rezultate. U svim statističkim analizama korišten je nivo značajnosti od 5 % ($p < 0,05$).

5. REZULTATI

5.1. Usporedba morfoloških značajka signalnog raka na rijekama Muri i Korani

5.1.1. Uzrasno-spolna struktura populacija signalnog raka na rijekama Muri i Korani

Tijekom terenskog istraživanja na rijekama Muri i Korani, ukupno je ulovljeno i izmjereno 110 jedinki vrste signalnog raka. Broj i spol ulovljenih jedinki po lokacijama prikazani su u Tablici 2. za rijeku Koranu i u Tablici 3. za rijeku Muru.

Tablica 2. Broj i spol ulovljenih rakova po lokacijama na rijeci Korani.

lokacija	broj ulovljenih jedinki	
	mužjaci	ženke
Varoš	7	10
Ladvenjak	27	20
ukupno	34	30
	64	

Tablica 3. Broj i spol ulovljenih rakova po lokacijama na rijeci Muri.

lokacija	broj ulovljenih jedinki	
	mužjaci	ženke
Domašinec	10	10
Sv. Martin	18	8
ukupno	28	18
	46	

U Tablici 4. i Tablici 5. standardnom deskriptivnom statistikom opisane su izmjerene morfometrijske značajke uzorkovanih mužjaka i ženki signalnog raka, posebno za svaku lokaciju (Varoš i Ladvenjak) na rijeci Korani. Najveća ukupna duljina mužjaka s lokacije Varoš iznosila je 124,01 mm, a kod ženki 129,16 mm, dok je najmanja ukupna duljina mužjaka iznosila 26,02 mm, a ženki 84,50 mm. Najteži mužjak imao je 72,00 g, a najteža ženka 63,00 g. Najlakši mužjak s ovog lokaliteta imao je 8,00 g, dok je najlakša ženka imala 18,00 g (Tablica 4.). Što se tiče uzorkovanih jedinki s postaje Ladvenjak, najveća ukupna duljina mužjaka iznosila je 162,64 mm, a kod ženki 134,76 mm. Najmanja ukupna duljina mužjaka iznosila je 85,11 mm, a ženki 81,74 mm. Najteži mužjak imao je 103,00 g, a najteža ženka imala je 76,00 g, dok je najlakši mužjak s ove lokacije imao 20,00 g, a najlakša ženka 15,00 g (Tablica 5.).

Tablica 4. Rezultati deskriptivne statističke analize izmjerenih morfometrijskih značajki mužjaka i ženki signalnih rakova s lokaliteta Varoš na rijeci Korani.

Mužjaci	N	Srednja vrijednost	Minimum	Maksimum	Standardna devijacija
TL	7	88,531	26,02	124,01	33,343
m	7	33,857	8,00	72,00	21,154
ROL	7	12,623	6,96	19,24	3,738
HEL	7	21,001	13,31	26,70	4,295
ARL	7	14,553	9,04	18,92	3,534
ABL	7	36,499	24,35	42,01	6,353
TEL	7	13,081	8,74	17,82	2,848
CLL	7	41,709	22,10	70,13	15,097
CFL	7	25,459	14,05	40,00	8,201
CPL	7	12,973	7,24	21,84	4,430
CLH	7	8,917	4,71	13,94	2,838
CLW	7	16,266	8,39	27,21	6,043
CPH	7	22,083	14,55	29,23	4,754
ABH	7	15,139	10,14	22,28	4,140
HEW	7	11,179	6,40	14,46	3,458
ROW	7	5,899	3,37	7,26	1,480
CGW	7	19,554	13,33	25,50	4,219
CPW	7	24,956	15,64	34,73	6,241
ARW	7	6,349	3,85	8,31	1,370
CEW	7	17,893	12,33	22,08	3,331
ABW	7	22,321	13,99	28,53	4,881
TEW	7	11,763	7,30	14,33	2,345
Ženke					
TL	10	103,313	84,50	129,16	15,335
m	10	32,00	18,00	63,00	14,907
ROL	10	12,680	9,46	16,64	2,158
HEL	10	21,246	16,45	27,35	3,888
ARL	10	14,965	12,17	20,05	2,768
ABL	10	38,745	31,87	46,08	5,338
TEL	10	14,673	10,81	24,75	3,980
CLL	10	34,311	26,84	47,04	6,475
CFL	10	21,625	17,24	29,47	4,220
CPL	10	10,536	8,03	16,49	2,493
CLH	10	7,101	5,74	9,55	1,227
CLW	10	13,056	10,13	19,76	2,978
CPH	10	23,304	17,94	31,57	4,525
ABH	10	14,169	11,25	17,93	2,605
HEW	10	11,564	8,83	14,14	1,655
ROW	10	6,395	4,55	8,92	1,578
CGW	10	19,758	16,47	27,57	3,731
CPW	10	25,071	19,47	33,41	4,649
ARW	10	6,860	5,93	8,48	0,865
CEW	10	18,437	14,15	22,44	2,632
ABW	10	25,679	19,72	37,10	5,733
TEW	10	12,436	10,25	15,48	1,707

Tablica 5. Rezultati deskriptivne statističke analize izmjerenih morfometrijskih značajki mužjaka i ženki signalnih rakova s lokaliteta Ladvenjak na rijeci Korani.

Mužjaci	N	Srednja vrijednost	Minimum	Maksimum	Standardna devijacija
TL	27	109,551	85,11	162,64	18,264
m	27	52,815	20,00	103,00	26,591
ROL	27	12,700	6,45	17,87	2,552
HEL	27	24,299	16,53	30,34	3,731
ARL	27	17,275	12,12	23,60	2,927
ABL	27	39,341	29,17	51,09	4,977
TEL	27	14,456	9,99	18,91	2,400
CLL	27	51,023	29,62	82,96	14,853
CFL	27	30,740	17,86	47,28	9,032
CPL	27	16,600	8,79	26,43	4,862
CLH	27	11,732	6,63	19,94	3,623
CLW	27	20,929	11,80	33,32	5,970
CPH	27	26,904	19,28	36,88	4,757
ABH	27	16,339	11,02	23,47	3,212
HEW	27	14,406	10,36	20,74	2,574
ROW	27	6,326	4,72	8,31	0,944
CGW	27	24,279	18,15	33,61	4,296
CPW	27	29,605	21,86	37,96	5,257
ARW	27	7,113	5,48	9,19	1,005
CEW	27	20,951	15,93	27,63	3,114
ABW	27	25,360	19,23	32,25	3,977
TEW	27	12,887	10,09	16,81	1,663
Ženke					
TL	20	105,561	81,74	134,76	15,168
m	20	36,150	15,00	76,00	16,044
ROL	20	12,152	8,39	16,98	2,595
HEL	20	23,085	17,06	30,69	3,639
ARL	20	15,357	11,46	20,89	2,480
ABL	20	40,039	31,79	52,32	5,918
TEL	20	14,462	10,44	19,40	2,498
CLL	20	37,807	28,01	50,35	6,886
CFL	20	22,559	16,28	31,67	4,454
CPL	20	11,493	7,76	15,63	2,318
CLH	20	8,273	6,28	11,75	1,445
CLW	20	15,318	12,29	21,28	2,761
CPH	20	24,281	17,68	31,50	3,948
ABH	20	15,084	10,17	22,36	3,171
HEW	20	13,202	9,81	19,13	2,222
ROW	20	5,951	4,67	7,16	0,708
CGW	20	21,794	14,98	29,61	3,544
CPW	20	26,657	19,84	35,81	4,453
ARW	20	6,811	4,83	8,14	0,862
CEW	20	20,028	15,12	27,77	3,344
ABW	20	27,068	18,15	39,89	6,658
TEW	20	12,619	9,51	15,48	1,991

Rezultati standardne deskriptivne statistike (za izmjerene morfometrijske značajke) za mužjake i ženke uzorkovane na dvjema postajama (Domašinec i Sv. Martin) na rijeci Muri prikazane su u Tablici 6. i Tablici 7.. Najveća ukupna duljina kod mužjaka s lokaliteta Domašinec iznosila je 134,12 mm, a kod ženki 124,43 mm. Najmanja ukupna duljina kod mužjaka iznosila je 87,94 mm, a kod ženki 93,66 mm. Najteži mužjak uzorkovan na ovoj lokaciji imao je 115,00 g, dok je najteža ženka imala 58,00 g. Najlakši mužjak težio je 20,00 g, a najlakša ženka imala 28,00 g (Tablica 6.).

Najveća ukupna duljina kod mužjaka uzorkovanih s postaje Sv. Martin iznosila je 132,14 mm, a kod ženki 128,68 mm. Najmanja ukupna duljina kod mužjaka iznosila je 97,04 mm, a kod ženki 80,51 mm. Najteži mužjak imao je 110,00 g, a najteža ženka imala je 63,00 g, dok je najlakši mužjak s ove lokacije imao 35,00 g, a najlakša ženka 19,00 g (Tablica 7.).

Tablica 6. Rezultati deskriptivne statističke analize izmjerenih morfometrijskih značajki mužjaka i ženki signalnih rakova s lokaliteta Domašinec na rijeci Muri.

Mužjaci	N	Srednja vrijednost	Minimum	Maksimum	Standardna devijacija
TL	10	111,782	87,94	134,12	17,104
m	10	71,000	20,00	115,00	36,277
ROL	10	15,845	11,48	19,26	2,662
HEL	10	24,132	18,35	30,77	4,152
ARL	10	17,749	13,31	21,89	3,115
ABL	10	41,031	30,63	48,12	6,425
TEL	10	16,585	12,16	20,18	2,879
CLL	10	54,798	30,55	79,04	16,297
CFL	10	31,526	17,87	47,20	10,067
CPL	10	18,641	10,11	28,02	5,948
CLH	10	15,097	8,08	22,29	4,811
CLW	10	24,000	13,99	33,53	7,173
CPH	10	26,972	20,51	32,11	4,437
ABH	10	19,042	12,08	22,79	3,782
HEW	10	17,780	13,19	20,58	2,653
ROW	10	7,357	5,93	8,60	0,938
CGW	10	24,819	17,98	29,68	4,567
CPW	10	29,456	20,87	37,22	6,095
ARW	10	7,199	4,57	8,80	1,304
CEW	10	21,887	16,43	27,46	3,665
ABW	10	26,738	19,87	32,92	4,783
TEW	10	13,966	10,63	16,33	2,239
Ženke					
TL	10	108,924	93,66	124,43	10,206
m	10	42,700	28,00	58,00	11,116
ROL	10	15,019	11,37	18,39	2,430
HEL	10	22,096	18,77	24,79	1,865
ARL	10	16,312	13,21	19,87	1,957
ABL	10	40,871	34,95	47,75	3,799
TEL	10	16,207	12,48	18,31	1,931
CLL	10	41,806	36,05	49,37	4,968
CFL	10	25,082	20,17	29,79	2,818
CPL	10	13,412	11,05	16,66	1,958
CLH	10	10,739	8,80	13,35	1,453
CLW	10	19,003	15,82	23,20	2,961
CPH	10	25,505	20,29	29,46	3,110
ABH	10	18,793	12,98	22,40	2,979
HEW	10	17,322	13,75	18,79	1,531
ROW	10	7,238	6,05	8,21	0,835
CGW	10	22,627	19,19	25,17	2,333
CPW	10	26,991	22,29	31,21	3,038
ARW	10	7,165	6,03	8,65	0,834
CEW	10	20,751	16,83	23,99	2,258
ABW	10	30,020	21,97	36,60	5,524
TEW	10	13,735	11,68	15,15	1,111

Tablica 7. Rezultati deskriptivne statističke analize izmjerenih morfometrijskih značajki mužjaka i ženki signalnih rakova s lokaliteta Sv. Martin na rijeci Muri.

Mužjaci	N	Srednja vrijednost	Minimum	Maksimum	Standardna devijacija
TL	18	111,291	97,04	132,14	9,921
m	18	64,667	35,00	110,00	23,843
ROL	18	15,994	13,62	19,50	1,703
HEL	18	23,228	19,07	29,70	2,630
ARL	18	17,794	15,27	20,94	1,879
ABL	18	41,971	37,90	50,22	2,967
TEL	18	16,339	13,49	18,21	1,352
CLL	18	54,802	37,68	71,35	10,090
CFL	18	31,212	21,48	40,75	5,858
CPL	18	17,776	11,72	24,03	3,873
CLH	18	14,857	10,97	21,09	2,920
CLW	18	24,976	18,54	36,00	5,041
CPH	18	26,683	21,40	32,61	3,193
ABH	18	18,397	10,57	22,97	2,670
HEW	18	18,418	06,08	22,04	1,494
ROW	18	7,541	6,65	9,71	0,762
CGW	18	24,539	21,18	30,49	2,674
CPW	18	29,067	23,88	36,96	3,815
ARW	18	7,192	5,96	9,25	0,879
CEW	18	21,930	19,01	28,77	2,469
ABW	18	27,566	23,95	32,78	2,540
TEW	18	14,199	12,43	16,44	1,235
Ženke					
TL	8	105,929	80,51	128,68	15,152
m	8	43,875	19,00	63,00	16,814
ROL	8	14,921	11,72	19,18	2,715
HEL	8	21,813	16,05	25,79	3,287
ARL	8	15,686	11,39	18,86	2,431
ABL	8	41,154	33,05	49,33	5,389
TEL	8	16,033	11,90	18,30	2,165
CLL	8	39,519	30,25	49,28	7,203
CFL	8	23,098	18,21	27,60	3,803
CPL	8	13,553	10,27	20,13	3,195
CLH	8	11,091	7,60	15,12	2,457
CLW	8	18,968	13,89	23,06	3,290
CPH	8	25,139	18,93	30,09	3,710
ABH	8	18,430	13,89	23,42	3,103
HEW	8	16,959	13,46	20,85	2,621
ROW	8	7,089	5,76	8,21	0,898
CGW	8	22,610	16,61	27,43	3,669
CPW	8	26,058	18,10	32,38	4,782
ARW	8	7,144	5,72	8,62	0,865
CEW	8	21,650	15,91	34,76	5,873
ABW	8	28,228	17,72	37,29	6,238
TEW	8	13,581	10,54	16,30	1,924

5.1.2. Usporedba morfoloških značajki između spolova

Rezultati t-testa su pokazali kako, na lokalitetu Varoš (rijeka Korana), postoje statistički značajne razlike među spolovima u morfometrijskim značajkama kliješta i abdomena (Prilog I.). Na lokalitetu Ladvenjak (rijeka Korana), rezultati su pokazali da se mužjaci i ženke statistički značajno razlikuju u masi i ukupnoj duljini tijela, te u još 10 izmjerenih morfometrijskih obilježja (Prilog II.). Na rijeci Muri, na lokalitetu Domašinec, statistički značajne razlike između spolova također postoje u masi i ukupnoj duljini, te u još 8 izmjerenih morfometrijskih značajki (Prilog III.). Na lokalitetu Sv. Martin na rijeci Muri, razlike među spolovima su najizraženije. Rezultati t-testa su pokazali kako se na toj lokaciji mužjaci i ženke statistički značajno razlikuju u masi i u 12 od ukupno 21 izmjerene morfološke karakteristike (Prilog IV.). S obzirom da su utvrđene značajne razlike između spolova na svim istraženim postajama, u daljnjim analizama mužjaci i ženke su obrađivani zasebno.

5.1.3. Usporedba morfoloških značajki između lokaliteta

Rezultati su pokazali da za mužjake u rijeci Korani u 4 od 21 mjerene morfološke značajke postoji statistički značajna razlika između dva lokaliteta, dok na rijeci Muri statistički značajna razlika postoji u 2 od 21 mjerene značajke između dva lokaliteta (Tablica 8. i Tablica 9.).

Tablica 8. Rezultati t-testa za uzorkovane mužjake na dva lokaliteta na rijeci Korani. Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike.

Varijable	Srednja vrijednost-Varoš	Srednja vrijednost-Ladvenjak	t-vrijednost	df	p-vrijednost	N Varoš	N Ladvenjak	Standardna devijacija - Varoš	Standardna devijacija - Ladvenjak	F-omjer varijanci	p-varijance
ROL	0,351	0,306	2,380	32	0,023	7	27	0,038	0,046	1,482	0,658
HEL	0,592	0,585	0,950	32	0,349	7	27	0,018	0,018	1,024	0,864
ARL	0,408	0,415	-0,950	32	0,349	7	27	0,018	0,018	1,024	0,864
ABL	1,036	0,953	2,551	32	0,016	7	27	0,070	0,078	1,254	0,839
TEL	0,369	0,348	2,165	32	0,038	7	27	0,020	0,023	1,308	0,792
CLL	1,156	1,216	-0,838	32	0,408	7	27	0,184	0,168	1,200	0,675
CFL	0,696	0,730	-0,765	32	0,450	7	27	0,084	0,110	1,702	0,526
CPL	0,369	0,396	-1,122	32	0,270	7	27	0,052	0,057	1,185	0,905
CLH	0,253	0,281	-1,382	32	0,176	7	27	0,030	0,050	2,690	0,220
CLW	0,457	0,502	-1,518	32	0,139	7	27	0,081	0,067	1,446	0,471
CPH	0,623	0,646	-1,629	32	0,113	7	27	0,039	0,032	1,484	0,445
ABH	0,424	0,393	1,740	32	0,092	7	27	0,043	0,042	1,016	0,873
HEW	0,313	0,347	-1,872	32	0,070	7	27	0,069	0,035	3,993	0,012
ROW	0,165	0,153	2,017	32	0,052	7	27	0,019	0,013	2,014	0,200
CGW	0,552	0,583	-2,386	32	0,023	7	27	0,030	0,031	1,065	1,000
CPW	0,699	0,711	-0,777	32	0,443	7	27	0,034	0,036	1,173	0,916
ARW	0,179	0,173	0,769	32	0,448	7	27	0,015	0,020	1,902	0,433
CEW	0,507	0,506	0,099	32	0,922	7	27	0,033	0,035	1,115	0,977
ABW	0,628	0,611	1,644	32	0,110	7	27	0,012	0,027	4,702	0,061
TEW	0,333	0,313	1,503	32	0,143	7	27	0,033	0,031	1,107	0,770
m	0,883	1,209	-1,720	32	0,095	7	27	0,395	0,458	1,348	0,758
TL	2,489	2,641	-0,945	32	0,352	7	27	0,762	0,203	14,151	0,000

Tablica 9. Rezultati t-testa za uzorkovane mužjake na dva lokaliteta na rijeci Muri. Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike.

Varijable	Srednja vrijednost-Domašinec	Srednja vrijednost-Sv.Martin	t-vrijednost	df	p-vrijednost	N Domašinec	N Sv.Martin	Standardna devijacija-Domašinec	Standardna devijacija-Sv.Martin	F-omjer varijanci	p-varijance
ROL	0,379	0,391	-1,023	26	0,316	10	18	0,021	0,035	2,846	0,114
HEL	0,576	0,566	1,737	26	0,094	10	18	0,011	0,017	2,236	0,220
ARL	0,424	0,434	-1,737	26	0,094	10	18	0,011	0,017	2,236	0,220
ABL	0,983	1,028	-1,792	26	0,085	10	18	0,058	0,066	1,264	0,743
TEL	0,396	0,400	-0,388	26	0,701	10	18	0,020	0,023	1,382	0,635
CLL	1,283	1,328	-0,690	26	0,496	10	18	0,207	0,134	2,389	0,117
CFL	0,737	0,756	-0,480	26	0,635	10	18	0,136	0,084	2,650	0,080
CPL	0,435	0,430	0,213	26	0,833	10	18	0,078	0,059	1,757	0,303
CLH	0,353	0,360	-0,310	26	0,759	10	18	0,070	0,041	2,982	0,050
CLW	0,565	0,604	-1,223	26	0,232	10	18	0,105	0,066	2,564	0,090
CPH	0,645	0,650	-0,467	26	0,644	10	18	0,022	0,032	2,242	0,219
ABH	0,453	0,448	0,279	26	0,782	10	18	0,035	0,048	1,875	0,338
HEW	0,427	0,451	-2,037	26	0,052	10	18	0,030	0,029	1,058	0,876
ROW	0,177	0,184	-1,243	26	0,225	10	18	0,016	0,013	1,594	0,390
CGW	0,592	0,598	-0,693	26	0,495	10	18	0,032	0,018	3,042	0,046
CPW	0,700	0,707	-0,449	26	0,657	10	18	0,052	0,035	2,192	0,156
ARW	0,173	0,175	-0,443	26	0,662	10	18	0,021	0,012	3,180	0,038
CEW	0,526	0,535	-0,665	26	0,512	10	18	0,050	0,023	4,633	0,006
ABW	0,638	0,673	-2,861	26	0,008	10	18	0,035	0,029	1,404	0,522
TEW	0,334	0,347	-2,079	26	0,048	10	18	0,018	0,014	1,728	0,317
m	1,600	1,541	0,297	26	0,769	10	18	0,650	0,412	2,489	0,101
TL	2,678	2,720	-0,839	26	0,409	10	18	0,102	0,137	1,815	0,364

Nadalje, rezultati su pokazali da se ženke s dva lokaliteta u rijeci Korani statistički značajno razlikuju u 5 od 21 mjerene morfološke karakteristike, dok na rijeci Muri statistički značajna razlika između ženki s dva lokaliteta ne postoji (Tablica 10. i Tablica 11.).

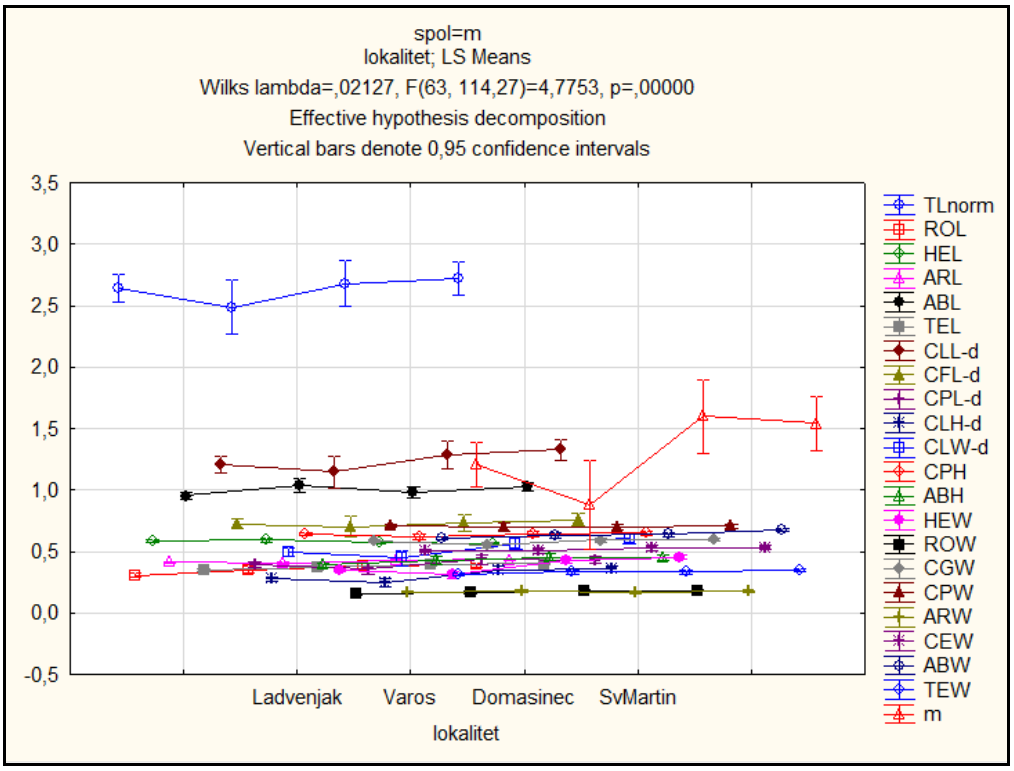
Tablica 10. Rezultati t-testa za uzorkovane ženke na dva lokaliteta na rijeci Korani. Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike.

Varijable	Srednja vrijednost-Varoš	Srednja vrijednost-Ladvenjak	t-vrijednost	df	p-vrijednost	N Varoš	N Ladvenjak	Standardna devijacija-Varoš	Standardna devijacija-Ladvenjak	F-omjer varijanci	p-varijance
ROL	0,353	0,315	2,439	28	0,021	10	20	0,042	0,039	1,121	0,791
HEL	0,587	0,600	-2,091	28	0,046	10	20	0,014	0,018	1,826	0,356
ARL	0,413	0,400	2,091	28	0,046	10	20	0,014	0,018	1,826	0,356
ABL	1,078	1,044	1,365	28	0,183	10	20	0,078	0,057	1,914	0,224
TEL	0,402	0,376	2,262	28	0,032	10	20	0,047	0,018	7,191	0,000
CLL	0,967	0,982	-0,529	28	0,601	10	20	0,075	0,068	1,213	0,687
CFL	0,600	0,585	0,851	28	0,402	10	20	0,053	0,045	1,371	0,536
CPL	0,294	0,298	-0,390	28	0,700	10	20	0,027	0,029	1,195	0,816
CLH	0,212	0,216	-0,453	28	0,654	10	20	0,018	0,019	1,190	0,821
CLW	0,387	0,399	-0,916	28	0,368	10	20	0,026	0,034	1,717	0,409
CPH	0,643	0,631	1,088	28	0,286	10	20	0,034	0,024	1,943	0,213
ABH	0,393	0,391	0,089	28	0,929	10	20	0,041	0,047	1,320	0,690
HEW	0,323	0,345	-1,492	28	0,147	10	20	0,041	0,035	1,377	0,531
ROW	0,175	0,156	3,442	28	0,002	10	20	0,021	0,010	4,324	0,007
CGW	0,547	0,567	-1,419	28	0,167	10	20	0,042	0,035	1,469	0,458
CPW	0,692	0,693	-0,040	28	0,968	10	20	0,028	0,025	1,284	0,614
ARW	0,192	0,179	1,696	28	0,101	10	20	0,019	0,020	1,072	0,960
CEW	0,513	0,521	-0,750	28	0,459	10	20	0,037	0,021	3,050	0,039
ABW	0,706	0,697	0,327	28	0,746	10	20	0,057	0,081	2,004	0,286
TEW	0,346	0,329	1,655	28	0,109	10	20	0,018	0,029	2,431	0,173
m	0,848	0,904	-0,559	28	0,581	10	20	0,244	0,266	1,186	0,826
TL	2,868	2,754	2,339	28	0,027	10	20	0,133	0,124	1,151	0,755

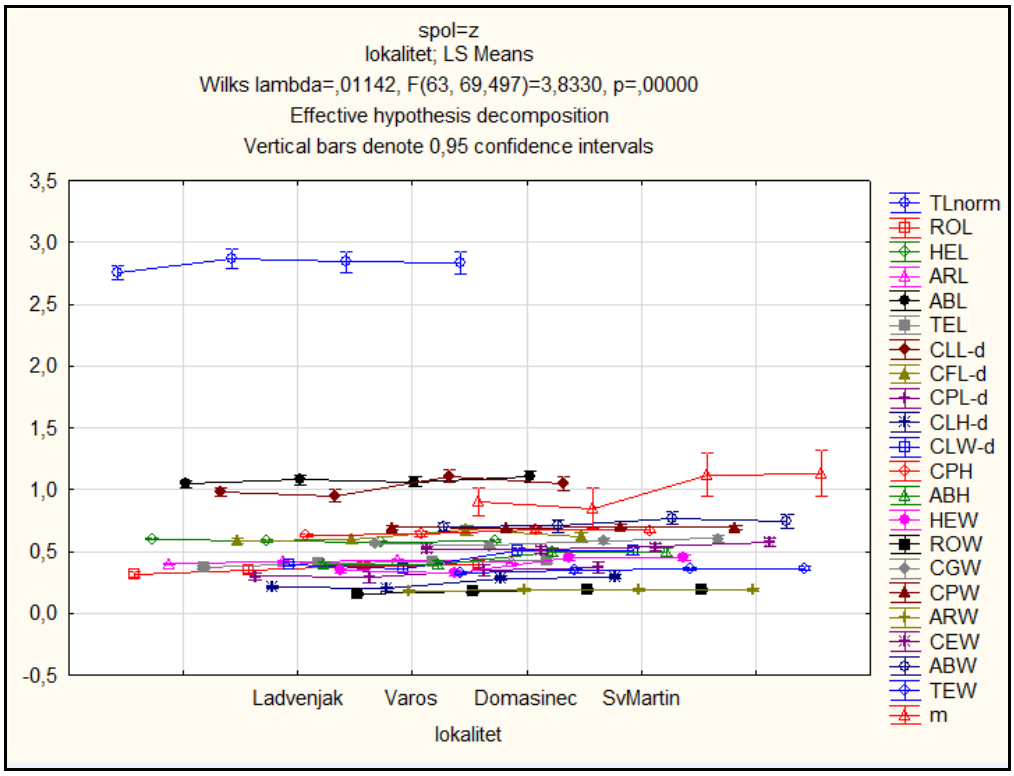
Tablica 11. Rezultati t-testa za uzorkovane ženke na dva lokaliteta na rijeci Muri.

Varijable	Srednja vrijednost-Domašinec	Srednja vrijednost-Sv.Martin	t-vrijednost	df	p-vrijednost	N Domašinec	N Sv.Martin	Standardna devijacija-Domašinec	Standardna devijacija-Sv.Martin	F-omjer varijanci	p-varijance
ROL	0,390	0,399	-0,450	16	0,658	10	8	0,039	0,044	1,257	0,732
HEL	0,576	0,582	-0,808	16	0,431	10	8	0,015	0,015	1,034	0,939
ARL	0,424	0,418	0,808	16	0,431	10	8	0,015	0,015	1,034	0,939
ABL	1,065	1,103	-1,284	16	0,218	10	8	0,049	0,073	2,189	0,272
TEL	0,421	0,429	-0,883	16	0,391	10	8	0,019	0,015	1,471	0,625
CLL	0,997	1,052	-0,426	16	0,676	10	8	0,358	0,084	18,274	0,001
CFL	0,606	0,616	-0,127	16	0,901	10	8	0,226	0,034	43,272	0,000
CPL	0,318	0,374	-0,913	16	0,375	10	8	0,117	0,147	1,589	0,507
CLH	0,256	0,294	-1,113	16	0,282	10	8	0,092	0,033	7,553	0,014
CLW	0,452	0,505	-0,890	16	0,387	10	8	0,164	0,026	41,260	0,000
CPH	0,664	0,671	-0,387	16	0,704	10	8	0,046	0,035	1,701	0,496
ABH	0,489	0,494	-0,149	16	0,883	10	8	0,062	0,056	1,259	0,779
HEW	0,451	0,453	-0,155	16	0,879	10	8	0,016	0,031	3,869	0,064
ROW	0,188	0,190	-0,267	16	0,793	10	8	0,012	0,014	1,286	0,709
CGW	0,589	0,603	-0,972	16	0,346	10	8	0,027	0,032	1,461	0,583
CPW	0,702	0,693	0,537	16	0,599	10	8	0,021	0,049	5,340	0,024
ARW	0,186	0,192	-0,934	16	0,364	10	8	0,010	0,014	2,043	0,314
CEW	0,540	0,573	-1,057	16	0,306	10	8	0,029	0,094	10,550	0,002
ABW	0,777	0,747	0,771	16	0,452	10	8	0,084	0,079	1,121	0,901
TEW	0,358	0,363	-0,539	16	0,597	10	8	0,017	0,021	1,575	0,515
m	1,098	1,134	-0,307	16	0,763	10	8	0,195	0,298	2,328	0,237
TL	2,837	2,832	0,099	16	0,923	10	8	0,063	0,159	6,413	0,013

Kako bismo provjerili razlikuju li se proučavane populacije signalnog raka po mjerenim morfometrijskim značajkama, između sva 4 lokaliteta s rijeka Korane i Mure, provedena je analiza varijanci (ANOVA) i post-hoc test, odvojeno za mužjake i ženke. Grafički prikazani rezultati analize varijanci su prikazani na Slikama 10. i 11., dok se rezultati post-hoc testa nalaze u Prilozima V. i VI..



Slika 10. Grafički prikaz rezultata analize varijanci morfometrijskih značajki za mužjake (y-os označava normalizirane vrijednosti varijabli).



Slika 11. Grafički prikaz rezultata analize varijanci morfometrijskih značajki za ženke (y-os označava normalizirane vrijednosti varijabli).

S obzirom da postoje statistički značajne razlike u mjerenim morfometrijskim značajkama između lokaliteta dviju rijeka, i kod mužjaka i kod ženki, provedena je multivarijantna diskriminantna analiza (MDA) kako bi se ustanovile morfometrijske značajke koje najbolje odvajaju populacije koje uspoređujemo, posebno za mužjake, a posebno za ženke. MDA je za mužjake provedena za 16 izmjerenih morfometrijskih obilježja koja najviše razdvajaju mužjake između 4 populacije (Prilog VII.). Za ženke je MDA provedena za 15 morfometrijskih značajki koje najviše odvajaju ženke između 4 populacije (Prilog VIII.).

Rezultati diskriminantne analize su pokazali da je kod mužjaka masa (m) značajka s visokom vrijednošću u 2 od 3 diskriminacijske funkcije (Root 1 i 3). Najviše vrijednosti u prvoj funkciji (Root 1) osim mase (m; -1,45), imaju širina prsa iza cervikalne brazde (CPW; 0,81) i duljina telzona (TEL; -0,78). Prva diskriminantna funkcija objašnjava 87 % odvajanja populacije mužjaka na proučavanim lokalitetima Mure i Korane. U drugoj funkciji (Root 2) najviše vrijednosti imaju duljina nepomičnog prsta (CLL; 1,26), širina glave iza očiju (HEW; -0,81) i širina rostruma (ROW; 0,66). Ta funkcija objašnjava (kumulativno) 96 % razlika populacija mužjaka na dvije rijeke. U trećoj funkciji (Root 3) najviše vrijednosti uz masu (m; 1,51), imaju duljina nepomičnog prsta (CLL; -1,24) i širina prvog začanog kolutića (ABW; -1,04). Ova funkcija kumulativno s prethodne dvije funkcije objašnjava diskriminaciju značajki 100 % (Tablica 12.).

Tablica 12. Rezultati MDA za mužjake: standardizirani koeficijenti kanoničkih diskriminantnih funkcija. Najviše vrijednosti po pojedinoj funkciji (root) označene su crvenom bojom.

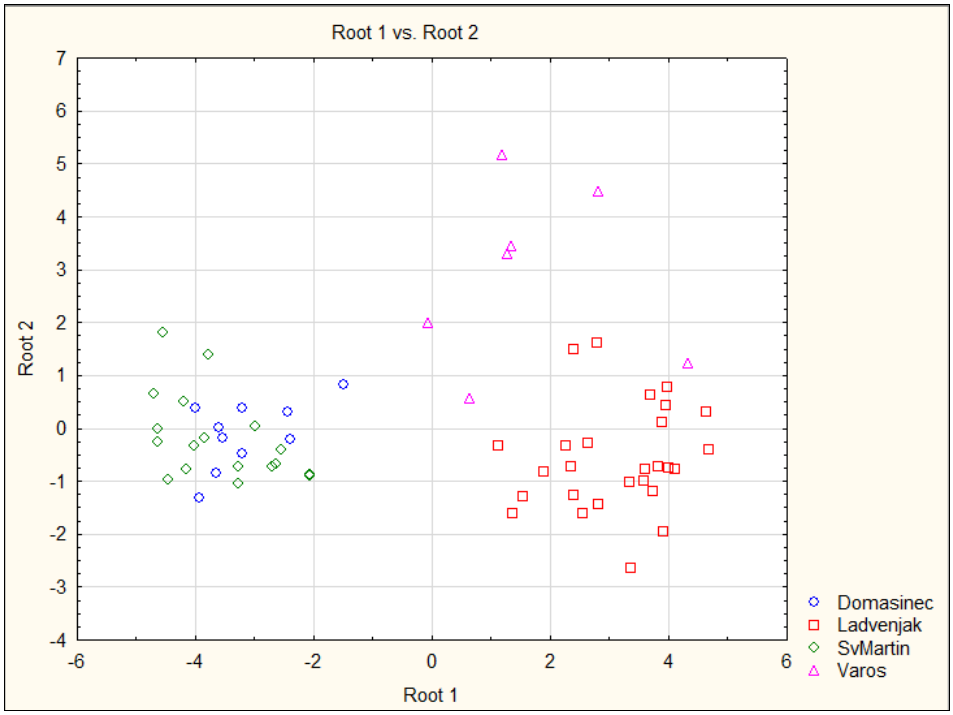
Varijable	Root 1	Root 2	Root 3
HEW	-0,231	-0,810	-0,161
TEL	-0,782	0,137	0,590
CPH	0,549	0,008	-0,060
m	-1,446	-0,132	1,512
CFL	0,686	-0,297	0,022
ROL	-0,481	0,463	0,202
ABW	-0,240	-0,096	-1,038
CGW	0,203	-0,352	0,216
ROW	-0,436	0,664	0,310
CPW	0,813	-0,146	0,313
CLW	-0,368	-0,407	-0,790
CLH	-0,555	-0,006	0,442
HEL	0,027	0,402	0,243
CLL	0,618	1,259	-1,241
ABL	-0,022	0,632	-0,043
TL	0,109	-0,408	-0,018
Eigenval	10,575	1,162	0,474
Cum.Prop	0,866	0,961	1,000

Kod ženki značajka s visokom vrijednošću diskriminacije je ukupna duljina (TL) (-1,11 u Root 1 i 1,38 u Root 2). U prvoj funkciji (Root 1), poslije ukupne duljine, najvišu vrijednost imaju debljina kliješta (CLH; 0,59) i širina glave iza očiju (HEW; 0,51). Prva funkcija objašnjava 75 % odvajanja populacija ženki na rijekama Muri i Korani. U drugoj funkciji (Root 2) najviše vrijednosti, poslije ukupne duljine, imaju širina rostruma (ROW; 0,95) i duljina abdomena (ABL; -0,93). Ta funkcija kumulativno objašnjava 94 % razlika populacija ženki na dvije rijeke. U trećoj funkciji (Root 3) najviše vrijednosti imaju duljina abdomena (ABL; 1,04), širina prsa iza cervikalne brazde (CPW; -0,90) i duljina pomičnog prsta (CFL; -0,81). Ova funkcija kumulativno s prethodne dvije funkcije objašnjava diskriminaciju značajki 100 % (Tablica 13.).

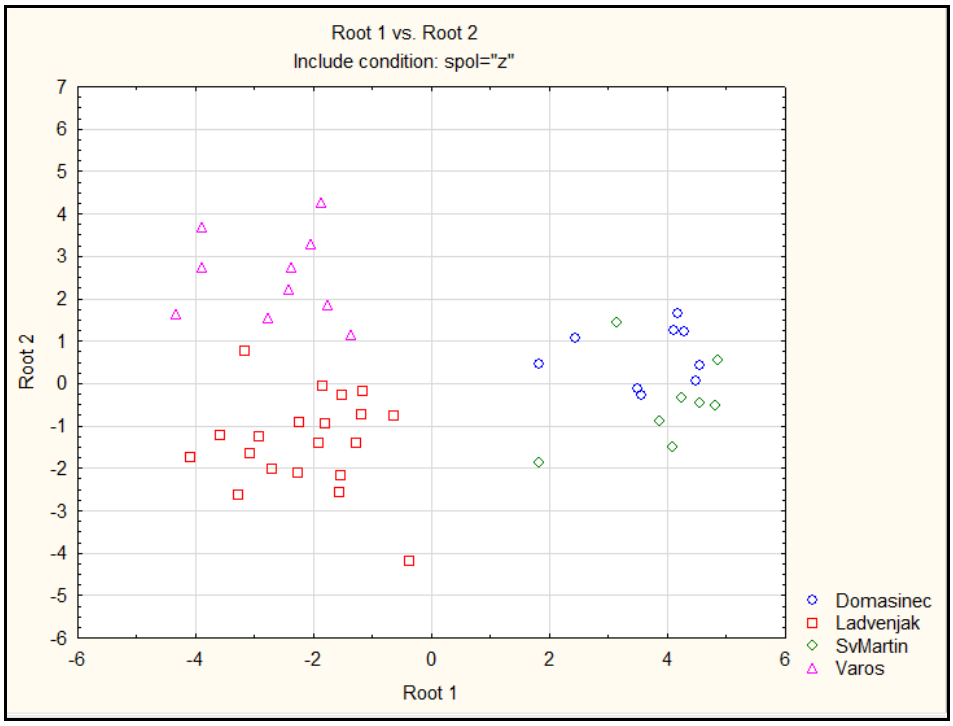
Tablica 13. Rezultati MDA za ženke: standardizirani koeficijenti kanoničkih diskriminantnih funkcija. Najviše vrijednosti po pojedinoj funkciji (root) označene su crvenom bojom.

Varijable	Root 1	Root 2	Root 3
HEW	0,509	-0,460	-0,277
TEL	0,094	-0,290	0,522
CEW	-0,209	-0,106	0,630
m	-0,066	0,686	0,464
CFL	0,334	0,322	-0,814
ROL	0,285	0,289	0,098
TEW	0,232	0,740	-0,051
CGW	-0,125	-0,300	0,504
ROW	0,051	0,951	0,050
CPW	-0,294	-0,653	-0,898
CLW	0,498	-0,718	-0,173
CLH	0,590	0,035	-0,034
HEL	-0,122	-0,687	0,081
ABL	0,274	-0,926	1,036
TL	-1,111	1,383	-0,174
Eigenval	9,629	2,401	0,821
Cum.Prop	0,749	0,936	1,000

Kako bi dobili bolji uvid u povezanost odnosno odvojenost populacija na sva četiri lokaliteta, napravljeni su i grafovi za vizualni prikaz diskriminacije grupa mužjaka (Slika 12.) i ženki (Slika 13).



Slika 12. Diskriminacija mužjaka proučavanih populacija prema prve dvije diskriminantne funkcije.



Slika 13. Diskriminacija ženki proučavanih populacija prema prve dvije diskriminantne funkcije.

Na slici 12. vidljivo je da se populacija mužjaka s lokacija Varoš i Ladvenjak, na rijeci Korani, relativno jasno odvajaju po drugoj funkciji, za razliku od populacije mužjaka na rijeci Muri. Prva diskriminantna funkcija jasno odvaja populacije mužjaka Mure i Korane.

Kod ženki signalnog raka odvojenost populacija je, isto kao i kod mužjaka, bolje uočljiva na rijeci Korani, između lokaliteta Varoš i Ladvenjak (Slika 13.). Te su populacije jasno odvojene po drugoj diskriminantnoj funkciji (Root 2), što znači da ih se može međusobno morfološki razlikovati prema značajkama standariziranih koeficijenti kanoničkih diskriminantnih funkcija (ROW, TL i ABL), što nije slučaj kod populacije ženki na rijeci Muri koje su morfološki vrlo slične i ne odvajaju se. Dok, kao i kod mužjaka, funkcija 1 jasno odvaja ženke dviju rijeka (Slika 13.).

Ukupan broj točno klasificiranih mužjaka po lokacijama na obje rijeke je 89 % (Tablica 14.), dok je ukupan broj točno klasificiranih ženki 94 % (Tablica 15.). Broj točno klasificiranih mužjaka na lokacijama Varoš i Domašinec je oko 70 %, gotovo 90 % iznosi na lokaciji Sv. Martin i 100 % na lokaciji Ladvenjak (Tablica 14.). Za ženke je broj točno klasificiranih jedinki oko 90 % za sve lokacije, osim za lokaciju Varoš gdje je točnost klasifikacije 100 % (Tablica 15.). Visoka točnost klasifikacije jedinki pokazuje da su morfološke mjere dobro izabrane i da dobro odvajaju jedinke.

Tablica 14. Broj točno klasificiranih mužjaka po lokacijama na obje rijeke. U stupcu "Postotak točnosti" prikazan je postotak točno klasificiranih jedinki za svaku lokaciju.

Lokacije	Postotak točnosti	Domašinec p=,16129	Ladvenjak p=,43548	Sv.Martin p=,29032	Varoš p=,11290
Domašinec	70,000	7	0	3	0
Ladvenjak	100,000	0	27	0	0
Sv.Martin	88,889	2	0	16	0
Varoš	71,429	0	2	0	5
Total	88,710	9	29	19	5

Tablica 15. Broj točno klasificiranih ženki po lokacijama na obje rijeke. U stupcu "Postotak točnosti" prikazan je postotak točno klasificiranih jedinki za svaku lokaciju.

Lokacije	Postotak točnosti	Domašinec p=,20833	Ladvenjak p=,41667	Sv.Martin p=,16667	Varoš p=,20833
Domašinec	90,000	9	0	1	0
Ladvenjak	95,000	0	19	0	1
Sv.Martin	87,500	1	0	7	0
Varoš	100,000	0	0	0	10
Total	93,750	10	19	8	11

6. RASPRAVA

Svrha ovog istraživanja bila je po prvi puta usporediti morfološke značajke geografski odvojenih populacija signalnog raka iz rijeka Korane i Mure.

Važno je napomenuti da su u istraživanju korištene LiNi vrše predviđene za lov rakova dužih od 6 cm (Westman i sur., 1978) pa su vrše bile selektivne naspram veličine rakova te su ovim istraživanjem analizirane samo odrasle i spolno zrele jedinke (Hogger, 1988; Skurdal i Taugbøl, 2002). Naime, dosadašnja su istraživanja pokazala da signalni rakovi postižu spolnu zrelost pri ukupnoj dužini tijela od 6-9 cm (Souty-Grosset i sur., 2006).

Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da jedinke signalnih rakova najčešće narastu do ukupne duljine od 160 mm (Souty-Grosset i sur., 2006). U istraživanju provedenom na rijeci Korani, najveće duljine ulovljenih jedinki iznosile su 162,64 mm i 134,76 mm (m, ž), što je čak i malo iznad maksimalnih vrijednosti navedenih u literaturi. Što se težine tiče, najteže ulovljene jedinke bile su mužjaci, dok su ženke nešto lakše. To potvrđuje dosadašnja istraživanja da su mužjaci signalnih rakova teži i veći od ženki iste starosti (Holdich, 2002; Hudina i sur., 2012). Također, dobiveni rezultati su potvrdili da za signalne rakove koje smo proučavali, vrijedi isto što je već dokazano i za potočne rakove (*Austropotamobius torrentium*), a to je da se nakon postizanja spolne zrelosti uočava alometrijski rast – mužjacima brže rastu kliješta, a ženkama abdomen (Lowery, 1988; Grandjean i sur., 1997; Streissl i Hödl, 2002; Maguire i Klobučar, 2011). Razlike u veličini kliješta mužjaka i abdomena ženki su sekundarne spolne značajke, dio su spolnog dimorfizma, što je uočeno i u prijašnjim radovima o deseteronožnim rakovima (Grandjean i Souty-Grosset, 2000; Streissl i Hödl, 2002). Najmanja i najlakša jedinka na rijeci Korani je mužjak s postaje Varoš ukupne duljine od 26,02 mm i težine 8 g. S obzirom na selektivnost vrša, može se zaključiti da je ova jedinka ušla u vršu i nije uspjela iz nje izaći iako je imala tu mogućnost za razliku od većih jedinki. Ova mjerenja su pokazala kako postoji značajna razlika između mužjaka i ženki signalnog raka s rijeke Korane, što je bilo i očekivano s obzirom da su mužjaci deseteronožnih rakova u prosjeku veći i teži od ženki, zbog većeg prirasta po presvlačenju, a ponekad i većeg broja presvlačenja (Holdich, 2002).

Dobiveni podaci da mužjaci imaju veća kliješta od ženki nam potvrđuju činjenicu da kliješta predstavljaju jednu od glavnih odrednica u kondiciji odraslih mužjaka rakova (Hudina i sur., 2012), a posljedica su alometrijskog rasta koji doprinosi spolnom dimorfizmu. Veća kliješta nisu im prednost samo u sakupljanju hrane, međusobnoj interakciji i obrani od predatora već i u kompeticiji za ženke i samom parenju što na kraju rezultira većim reproduktivnim uspjehom (Garvey i Stein, 1993; Lee, 1995; Debuse i sur., 2001).

Na rijeci Muri, na obje lokacije, uzorkovane jedinke mužjaka bile su znatno teže od ženki, a utvrđeno je i da su mužjaci značajno kraći od ženki na lokaciji Domašinec. Ti podaci nam govore kako između mužjaka i ženki signalnog raka i na rijeci Muri postoje značajne razlike u ukupnoj duljini i težini, što je i u skladu s očekivanjima, s obzirom na to da su ulovljene samo veće jedinke, a dokazano je da rastom tijela spolni dimorfizam u rakova postaje sve izraženiji (Skurdal i Taugbøl, 2002).

Na postaji Domašinec (fronta invazije) ulovljen je podjednak broj mužjaka i ženki ove vrste, dok je na postaji Sv. Martin (središte distribucije) broj ulovljenih mužjaka bio više no dvostruko veći od broja ulovljenih ženki. Ovaj nejednak omjer mužjaka i ženki koji je zabilježen u samom središtu distribucije nije očekivan zato što su prijašnja istraživanja pokazala da u središtu distribucije prevladava podjednak omjer mužjaka i ženki, a na fronti prevladavaju mužjaci (Hudina i sur., 2012; Rebrina i sur., 2015). Dobiveni rezultat najvjerojatnije je posljedica fiziologije rakova, odnosno njihovog godišnjeg ciklusa. Jedinke ove vrste karakterizira period povećane aktivnosti oba spola u doba parenja koje se odvija od mjeseca listopada do studenog u većini europskih populacija (Souty-Grosset i sur., 2006). Nakon parenja dolazi period smanjene aktivnosti, kod oba spola, tijekom zime sve do proljeća ili ranog ljeta kad ženke otpuštaju mlade (Souty-Grosset i sur., 2006) i kreću s intenzivnim hranjenjem i pripremanjem za parenje koje se odvija od mjeseca kolovoza do listopada. Stoga mužjaci prevladavaju u ulovu od travnja do srpnja, a ženke od kolovoza do studenog (Lucić i sur., 2010). S obzirom da smo mi uzorkovali jedinke tijekom mjeseca srpnja, ove činjenice nam idu u prilog. No, više od dvostruko veći broj ulovljenih mužjaka na lokaciji Sv. Martin mogli bi pripisati i činjenici da je 2009. (godina uzorkovanja) bila hladna, te su se vjerojatno zato juvenilni rakovi izlegli kasnije, pa ženke nisu bile u potpunosti aktivne.

Uz pomoć detaljnih morfometrijskih mjerenja (Sint i sur., 2006), u ovom smo istraživanju po prvi put uspoređivali populacije invazivne vrste signalnog raka s dva geografski odvojena područja, rijeke Mure i Korane. Napravili smo analizu tih populacija pomoću multivarijantnih diskriminantnih metoda koje su se u prijašnjim istraživanjima pokazale kao jednako dobar alat za istraživanje razlika između populacija iste vrste, kao i za populacije različitih vrsta (Saila i Flowers 1969; Chambers i sur., 1979; Sint i sur., 2005, 2006, 2007). Rezultati ovog istraživanja pokazali su da postoje razlike u izmjerenim morfometrijskim obilježljima između populacija na istoj rijeci, kao i između populacija s geografski udaljenih područja, za oba spola. Slična opažanja opisana su i u prijašnjim istraživanjima, ali za druge vrste rakova (Sint i sur., 2005; Maguire i Dakić, 2011).

Unatoč geografskoj bliskosti, na rijeci Korani, za razliku od populacija s rijeke Mure, dolazi do odvajanja populacija iste vrste. Na lokaciji Ladvenjak ulovljeno je gotovo trostruko više jedinki za razliku od lokacije Varoš. To bismo mogli objasniti na način da se središte distribucije pomaknulo na područje koje je do tada predstavljalo frontu invazije, a to ide u prilog činjenici da signalni rak brzo širi svoj areal rasprostranjenosti, posebno u nizvodnom smjeru (18 do 24,4 km godišnje; Hudina i sur., 2009). Također, to možemo i objasniti na način da je 2013. godine na lokaciji Varoš zabilježena iznimno velika gustoća jedinki (Hudina i sur., 2013), te da je vjerojatno uslijed toga, vrlo toplog ljeta i nedostatka resursa došlo do pada brojnosti u populaciji koja je dosegla maksimum koji više nije bio održiv s obzirom na dostupnost resursa.

Ukupan broj točno klasificiranih mužjaka i ženki u našem istraživanju bio je manji od onih zabilježenih u istraživanju od Maguire i Dakić (2011). Isto tako, u našem istraživanju pokazali smo veći postotak točno klasificiranih ženki u odnosu na mužjake, i u ukupnom broju točnosti klasifikacije, i po lokacijama. Takvi rezultati dobiveni su i u prijašnjim istraživanjima, samo za drugu vrstu rakova, uskoškari rak (*Astacus leptodactylus*), koja je ujedno i autohtona vrsta rijeke Korane (Maguire i Dakić, 2011). Također, usporedbom morfometrijskih značajki potvrdili smo dosadašnja istraživanja da se mužjaci razlikuju u više morfometrijskih značajki od ženki rakova (Sint i sur., 2005, 2007; Maguire i Dakić, 2011). Važno je spomenuti, za buduća slična istraživanja, da je upravo masa kod mužjaka bila značajka s najvišom vrijednošću diskriminacije (Tablica 12.), dok je kod ženki to bila ukupna duljina (Tablica 13.)

Možemo reći da su nam rezultati usporedbe morfometrijskih karakteristika djelomično potvrdili dosadašnja istraživanja koja su pokazala da geografski bliske populacije pokazuju veću sličnost u odnosu od geografski udaljenih populacija (Sint i sur., 2005; Maguire i Dakić, 2011). Ova činjenica potvrđena je što se tiče usporedbe morfoloških karakteristika populacija na dvije rijeke, te između populacija na rijeci Muri. No, na rijeci Korani, dobili smo rezultate koji ne idu u prilog te činjenice zato što se geografski bliske populacije, u našem slučaju, morfološki razlikuju. Jedinke s ishodišta populacije razlikuju se od jedinki s fronte invazije. Moguće je da je do razlike došlo zbog samih uvjeta na staništu, tj. jedinke iz središta distribucije uspostavile su populaciju i dosegle svoj maksimum, moguće je i da su potrošile određene resurse, dok jedinke na fronti invazije imaju veću dostupnost resursa i više ulažu u reprodukciju kako bi što lakše zauzele novo područje i proširile svoj areal rasprostranjenosti (Phillips i sur., 2010; Rebrina i sur., 2015). Dobivene morfometrijske razlike između populacija mogu biti i posljedica razlike u njihovom genomu, naime neke su studije na ribama i rakovima pokazale da su morfološke razlike između populacija posljedica genetske razlike

između tih populacija (Pakkasmaa, 2001; Sint i sur., 2005;. Baric i sur., 2005 a, b). No, te razlike mogu se također pripisati i intraspecijskoj varijabilnosti (plastičnosti) životinja koje se mogu prilagoditi lokalnim uvjetima u okolišu (Grandjean i Souty-Grosset, 2000; Sint i sur., 2005, 2006), te uzajamnom djelovanju i genetskih i okolišnih čimbenika (Jerry i Cairns, 1998). Što se tiče fenotipske razlike između populacija, ona može biti i znak odvajanja i početak diferencijacije populacija (Swain i Fote, 1999), stoga je usporedba morfometrijskih značajki između populacija prikladna za analizu odvajanja populacija (Maguire i Dakić, 2011).

7. ZAKLJUČAK

Provedeno istraživanje je pokazalo da se populacije signalnih rakova, uzorkovanih na rijekama Korani i Muri, morfološki značajno razlikuju. Razlike postoje i između spolova i između lokaliteta, te između populacija ovih geografski odvojenih područja. Razlike između populacija s dvije rijeke mogu se pripisati razlikama u staništu, dok se isti razlog ne može uzeti u obzir za dobivene razlike između populacija na rijeci Korani gdje se jasno odvajaju jedinke s fronte i ishodišta distribucije. U tom slučaju možemo pretpostaviti da je došlo do značajnih promjena – fronta invazije se pomaknula nizvodno, nekadašnja fronta postala je središte distribucije (core), dok je u prvotnom središtu distribucije došlo do promjena uzrokovanih prevelikom gustoćom populacije. Prema tome, možemo zaključiti kako su se jedinke ove invazivne vrste signalnog raka dobro prilagodile različitim uvjetima u dva različita vodena sustava te su uspostavljene stabilne i održive populacije.

I ovoga puta, kao i u mnogim dosadašnjim istraživanjima, morfometrija se pokazala kao pouzdan, jednostavan i jeftin alat za usporedbu slatkovodnih deseteronožnih rakova.

Značajke koje su se u ovom istraživanju pokazale kao najbitnije u odvajanju populacija signalnih rakova, između dviju rijeka, za mužjake su masa, širina prsa iza cervikalne brazde (CPW) te duljina telzona (TEL), a kod ženki ukupna duljina (TL), debljina kliješta (CLH) i širina glave iza očiju (HEW).

8. LITERATURA

1. Allan, J.D., Flecker, A.S. (1993): Biodiversity conservation in running waters. BioScience 43, 32-43.
2. Aquiloni, L., Becciolini, A., Berti, R., Porciani, S., Trunfio, C., Gherardi F. (2009): Managing invasive crayfish: use of X-ray sterilisation of males. Freshwater Biology, 54, 1510-1519.
3. Balian, E.V., Segers, H., Lévèque, C., Martens, K. (2008): The freshwater animal diversity assessment: an overview of the results. Hydrobiologia 595, 627-637.
4. Baric, S., Höllrigl, A., Füreder L., Dalla Via, J. (2005a): Mitochondrial and microsatellite DNA analyses of *Austropotamobius pallipes* in South Tyrol (Italy) and Tyrol (Austria). Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 376-377: 599-612.
5. Baric, S., Höllrigl, A., Kershbamer, C., Füreder, L., Petutschnig, J., Dalla Via, J. (2005b): Updating of the molecular phylogeny of the *Austropotamobius pallipes* species complex by including specimens from South Tyrol (Italy) and Carinthia (Austria). Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 376-377: 627-636.
6. Bohman, P., Degerman, E., Edsman, L., Sers, B. (2011): Exponential increase of signal crayfish in running waters in Sweden - due to illegal introductions?. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 401, 23.
7. Cerenius, L., Söderhäll, K. (1992): Crayfish diseases and crayfish as vectors for important diseases. Finnish Fisheries Research 14, 125-133.
8. Chambers, C.L., Payne, J.F., Kennedy, M.L. (1979): Geographic variation in the dwarf crayfish, *Cambarellus puer* Hobbs (Decapoda, Cambaridae). Crustaceana 36: 39–55.
9. Crawford, L., Yeomans, W.E., Adams, C.E. (2006): The impact of intoduced signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* on stream invertebrate communities. Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems 16: 611-621.
10. Crooks, J.A., Chang, A.L., Ruiz, G.M. (2011): Aquatic pollution increases the relative success of invasive species. Biological Invasions 13: 165-176.
11. Davis, K., Huber, R. (2007): Activity patterns, behavioural repertoires, and agonistic interactions of crayfish: A nonmanipulative field study. Behaviour, 144, 229–247.
12. Debuse, V.J., Addison, J.T., Reynolds, J.D. (2001): Morphometric variability in UK populations of the European lobster. Journal of the Marine Biological Association of the UK, 81, 469-474.

13. Diéguez-Uribeondo, J. (2006): The dispersion of the *Aphanomyces astaci* - carrier *Pacifastacus leniusculus* by humans represents the main cause of disappearance of the indigenous crayfish *Austropotamobius pallipes* in Navarra. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 380-381, 1303-1312.
14. Dudgeon, D. (2005): Last chance to see: ex situ conservation and the fate of the baiji. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 15, 105-108.
15. Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.H., Soto, D., Stiassny, M.L.J., Sullivan, C.A. (2006): Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. Biological Reviews 81: 163-182.
16. DZZP (2009): Biološka raznolikost Hrvatske. Zagreb, Hrvatska. http://www.dzzp.hr/dokumenti_upload/20100611/dzzp201006111407550.pdf; pristupljeno 15.8.2015.
17. Faria, M., Lopez, M.A., Diez ,S., Barata, C. (2010): Are native naiads more tolerant to pollution than exotic freshwater bivalve species? An hypothesis tested using physiological responses of three species transplanted to mercury contaminated sites in the Ebro River (NE, Spain). Chemosphere 81: 1218-1226.
18. Gajić-Čapka, M., Zaninović, K. (2004): Climate conditions in the Sava, Drava and the Danube River basins. Croatian Waters 12 (49): 297-312.
19. Garvey, J.E., Stein, R.A. (1993): Evaluating how chela size influences the invasion potential of an introduced crayfish (*Orconectes rusticus*). The American Midland Naturalist Journal 129: 172-181.
20. Genovesi, P. (2007): Towards a European strategy to halt biological invasions in inland waters. Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats. Springer Netherlands 627-637.
21. Gherardi F. (2007): Understanding the imapct of invasive crayfish. U: Gherardi F. (ur.): Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats. Springer, Dordrecht, 507-542.
22. Gibert, J., Deharveng, L. (2002): Subterranean ecosystems: a truncated functional biodiversity. BioScience 52, 473-481.
23. Gleick, P.H. (1996): Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather (ur. S. H. Schneider), pp. 817-823. Oxford University Press, New York, USA.

24. Globevnik, L., Kaligarič M. (2005): Hydrological changes of the Mura River in Slovenia accompanied with habitat deteoration in the riverine space. Materials and Geoenvironment, 52, 45-49.
25. 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, Astacidae). Crustaceana, 70 ,31-44.
26. Grandjean, F., Souty-Grosset, C. (2000): Genetic and morphological variation in the endargered crayfish species, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) (Crustacea, Astacidae) from the Poitou-Charentes region (France). Aquatic Sciences, 62: 1-19.
27. Griffiths, S. W., Collen, P., Armstrong, J. D. (2004): Competition for shelter among over-wintering signal crayfish and juvenile Atlantic salmon. Journal of Fish Biology 65, 436-447.
28. Hogger, J. B. (1988): Ecology, population biology and behaviour. U: Holdich, D.M., Lowery, R.S. (ur.): Freshwater crayfish: Biology, Management and Exploitation. The University Press, Cambridge, 114-144.
29. Holdich, D.M. (2002): Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture 367, 611-650.
30. Holdich, D.M., Gydemo, R., Rogers, W.D. (1999): A review of possible methods for controlling alien crayfish populations. U: Gherardi, F., Holdich, D.M. (ur.), Crayfish in Europe as alien species-how to make the best of a bad situation?. August Aimé Balkema, Rotterdam, 245-270.
31. Holdich, D.M., Haffner, P., Noël, P. (2006): Species files. U: Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noël, P.Y., Reynolds, J.D., Haffner, P. (ur.), Atlas of Crayfish in Europe. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, Patrimoines naturels, 64, 50-129.
32. Holdich D.M., Pöckl M. (2007): Distribution of invaders: Invasive crustaceans in European inland waters. U: Gherardi F. (2007): Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution and threats. Springer 2, 27-37.
33. Holdich D.M., Reynolds J.D., Souty-Grosset C., Sibley P.J. (2009): A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 11, 394-395.
34. Hudina, S., Faller, M., Lucić, 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 Ecosystems 9, 394-395.

35. Hudina, S., Hock, K., Žganec, K., Lucić, A. (2012): Changes in population characteristics and structure of the signal crayfish at the edge of its invasive range in a European river. Annales de Limnologie - International Journal of Limnology 48, 3-11.
36. Hudina, S., Žganec, K., Lucić, A., Trgovčić, K., Maguire, I. (2013): Recent Invasion of the Karstic River Systems in Croatia Through Illegal Introductions of the Signal Crayfish. Freshwater Crayfish 19 (1), 21-27.
37. Jackson, R.B., Carpenter, S.R., Dahm, C.N., Mcknight, D.M., Naiman, R.J., Postel, S.L., Running, S.W. (2001): Water in a changing world. Ecological Applications 11, 1027-1045.
38. Jerry, D.R., Cairns, S.C. (1998): Morphological variation in the catadromous Australian bass, from seven geographically distinct riverine drainages. Journal of Fish Biology 52, 829-843.
39. Johnson M.F., Rice S.P., Ried I. (2010): Topographic disturbance of subaqueous gravel substrates by signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*). Geomorphology, 123, 269-278.
40. Klobučar, G.I.V., Podnar, M., Jelić, M., Franjević, D., Faller, M., Štambuk, A., Gottstein, S., Simić, V., Maguire, I. (2013): Role of the Dinaric Karst (western Balkans) in shaping the phylogeographic structure of the threatened crayfish *Austropotamobius torrentium*. Freshwater Biology 58 (6), 1089-1105.
41. Kouba, A., Petrusek, A., Kozák, P. (2014): Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 413, 05.
42. Lee, S.Y. (1995): Cheliped size and structure: the evolution of a multifunctional decapod organ. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 193, 161-176.
43. Lockwood J.L., Hoopes M.F., Marchetti M.P. (2007): Invasion Ecology. Blackwell publishing, USA, 1-304.
44. Lodge D.M., Taylor C.A., Holdich D.M., Skurdal J. (2000): Non-indigenous crayfishes threaten North American freshwater biodiversity: Lessons from Europe. Fisheries 25, 7-20.
45. Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M. (2000): 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the Global Invasive Species Database. Aliens, 12, 1-12 (http://www.issg.org/).

46. Lowery, R.S. (1988): Growth, moulting and reproduction. U: Holdich, D.M., Lowery, R.S. (ur.), Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. Croom Helm, London, 83-113.
47. Lucić, A., Hudina, S., Faller, M., Cerjanec, D. (2010): A comparative study of physiological indices of two native and two invasive cryfish species in Croatian rivers. U: Kollman, J., Mölken, T., Ravn, H. P. (ur.): 6th Neobiota conference - Book of abstracts. Copenhagen, University of Copenhagen, 174-174.
48. Lundberg, G., Kottelat, M., Smith, G.R., Stiassny, M.L.J., Gill, A.C. (2000): So many fishes, so little time: an overview of recent ichthyological discovery in continental waters. Annals of the Missouri Botanical Gardens 87, 26-62.
49. Maguire, I., Klobučar, G. (2003): Appearance of *Orconectes limosus* in Croatia. Crayfish news 25, 3: 7.
50. Maguire, I., Gottstein-Matočec, S. (2004): The distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia. Crustaceana 77 (1), 25-49.
51. Maguire, I., Klobučar, G., Marčić, Z., Zanella, D. (2008): The first record of *Pacifastacus leniusculus* in Croatia. Crayfish news 30, 4: 4.
52. Maguire, I., Dakić, L**.** (2011): Comparative analyses of *Astacus leptodactylus* morphological characteristics from Croatia and Armenia. Biologia 66/3: 1.
53. Maguire, I., Jelić, M., Klobučar, G. (2011): Update on the distribution of freshwater crayfish in Croatia. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 401, 31-40.
54. Maguire, I., Klobučar G. (2011): Size structure, maturity size, growth and condition indeks of stone crayfish (Austropotamobius torrentium) in North-West Croatia. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 401, 12.
55. Malmqvist, B., Rundle, S. (2002): Threats to the running water ecosystems of the world. Environmental Conservation 29, 134-153.
56. Mooney, H.A., Mack, R.N., McNeely, J.A., Neville, L.E., Schei, P.J., Waage, J.K. (2005): Invasive alien species: a new synthesis. Island Press, Washington D.C., USA.
57. Moorhouse T.P., Macdonald D.W. (2011): Immigration rates of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in response to manual control measures. Freshwater Biology 56, 993-1001.
58. Naiman, R.J., Magnuson, J.J., Mcknight, D.M., Stanford, J.A. (1995): The Freshwater Imperative: A Research Agenda. Island Press, Washington D.C., USA.
59. Naiman, R.J., Turner, M.G. (2000): A future perspective on North America's freshwater ecosystems. Ecological Applications 10, 958-970.

60. NARODNE NOVINE 144/13. Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama.
61. NARODNE NOVINE 80/13. Zakon o zaštiti prirode.
62. Nyström, P., Brönmark, C., Granéli, W. (1996): Patterns in benthic food webs: a role for omnivorous crayfish? Freshwater Biology, 36: 631-646.
63. Pakkasmaa, S. (2001): Morphological differentiation among local trout (Salmo trutta) populations. Biological Journal of the Linnean Society, 72, 231-239. DOI: 10.1111/j.1095-8312.2001.tb01313.x
64. Parker, I.M., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Goodell, K., Wonham, M., Kareiva, P.M., Williamson, M.H., Von Holle, B., Moyle, P.B., Byers, J.E., Goldwasser L. (1999): Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. Biological Invasions 1, 3-19.
65. Peay, S., Hiley, P.D., Collen, P., Martin, I. (2006): Biocide treatment of ponds in Scotland to eradicate signal crayfish. Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture, 380-381, 1363-1379.
66. Phillips, B.L., Brown, G.P., Shine, R. (2010): Life-history evolution in range-shifting populations. Ecology 91 (6), 1617-1627.
67. Pintor, L., Sih, A., Kerby J. (2009): Behavioral correlations provide a mechanism for explaining high invasive densities and increased impact on native prey. Ecology, 90, 581-587.
68. Pöckl, M. (1999): Distribution of crayfish species in Austria with special reference to introduced species. Freshwater Crayfish 12, 733-750.
69. Pöckl, M., Pekny, R. (2002): Interaction between native and alien species of crayfish in Austria: Case studies. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 367, 763-776.
70. Postel, S., Richter, B. (2003): Rivers for Life: Managing Water for People and Nature. Island Press, Washington D.C., USA.
71. Pyšek P., Richardson D.M., Pergl J., Jarošík V., Sixtová Z., Weber E. (2008): Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. Trends in Ecology and Evolution 23, 237-244.
72. Rahel, F.J. (2002): Homogenization of freshwater faunas. Annual Review of Ecology and Systematics 33, 291-315.
73. Ramalho, R.O., Correia, A.M., Anastacio P.M. (2008): Effects of density on growth and survival of juvenile Red Swamp Crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard), reared under laboratory conditions. Aquatic Research, 39, 577-586.

74. Rebrina, F., Skejo, J., Lucić, A., Hudina, S. (2015): Trait variability of the signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in a recently invaded region reflects potential benefits and trade-offs during dispersal. Aquatic Invasions, 10 (1), 41-50.
75. Revenga, C., Campbell, I., Abell, R., De Villiers, P., Bryer, M. (2005): Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets. Philosophical Transactions of the Royal Society B 360, 397-413.
76. Reynolds J.D. (2011): A review of ecological interactions between crayfish and fish, indigenous and introduced. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 10, 401.
77. Roglić, J. (1974): Unique morphological features of Plitvice Lakes National Park. U: Gušić, B., Mrakovičić, M. (eds.), Plitvice Lakes - man and nature. Plitvice Lakes National Park, Croatia.
78. Saila, S.B., Flowers, J.M. (1969): Geographic morphometric variationin the American lobster. Systematic Zoology, 18, 330-338.
79. Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T, Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H. (2000): Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science, 287, 1770-1774.
80. Samardžić, M., Lucić, A., Maguire, I., Hudina, S. (2014): The First Record of the Marbled Crayfish (*Procambarus fallax* (Hagen, 1870) f. *viriginalis*) in Croatia. Crayfish news, 36 (4), 4.
81. Schneider-Jacoby, M. (2005): The Sava and Drava floodplains: Threatened ecosystems of international importance. Large Rivers, Archiv für Hydrobiologie – Supplement, 158 (16), 249-288.
82. Sint, D., Dalla Via, J., Fureder, L**.** (2005): Morphological variations in *Astacus astacus* L. and *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) populations. Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture, 376-377, 637-652.
83. 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. Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture, 380-381, 1029-1040.
84. Sint, D., Dalla Via, J., Füreder L. (2007): Phenotypical characterization of indigenous freshwater crayfish populations. Journal of Zoology, 273, 210-219.

85. Skurdal, J., Taugbøl, T. (2002): *Astacus*. U: Holdich D.M. (ur.): Biology of freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, 467-510.
86. Söderbäck, 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, 291-304.
87. Sommerwerk, N., Hein, T., Schneider-Jacoby, M., Baumgartner, C., Ostojić, A., Paunović, M., Bloesch, J., Siber, R., Tockner, K. (2009): The Danube River Basin. U: Tockner, K., Robinson, C.T., Uehlinger, U. (ur.), Rivers of Europe, Elsevier Academic Press, Amsterdam, 59-112.
88. Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noel, P.Y., Reynolds, J.D., Haffner, P. (ur.) (2006): Atlas of crayfish in Europe. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, str. 187.
89. Stancliffe-Vaughan, A. (2009): Non-native crayfish - a community research and trapping initiative on the River Lark, Suffolk. Crayfish News: IAA Newsletter, 31, 5-7.
90. Streissl, F., Hödl, W. (2002): Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* (Schrank). Hydrobiologia, 477, 201-208.
91. Swain, D.P., Foote, C.J. (1999): Stock and chameleons: the use of phenotypic variation in stock identification. Fisheries Research, 43, 113-128.
92. Taylor, C.A. (2002): Taxonomy and conservation of native crayfish stocks. U: Holdich, D.M. (ur.), Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science, Oxford, 236-257.
93. Twardochleb, L., Olden, J., Larson, E. (2013): A global meta-analysis of the ecological impacts of non-native crayfish. Freshwater Science 32, 1367-1382.
94. United Nations Environmental Programme, 2002. Global Environmental Outlook 3. Earthprint Ltd., Stevenage, Hertfordshire, England.
95. Vorburger, C., Ribi, G. (1999): Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe. Freshwater Biology, 42, 111-119.
96. Westman, K., Pursiainen, M., Vilkman, R. (1978): A new folding trap model which prevents crayfish from escaping. Freshwaters Crayfish, 4, 235-242.
97. Westman, K., Savolainen, R., Julkunen, M. (2002): Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a small, enclosed Finnish lake: A 30-year study. Ecography, 25 (1), 53-73.

9. ŽIVOTOPIS

OSOBNE INFORMACIJE Petra Kolarić

Subotica Podravska Koprivnička 25, 48 000 Koprivnica, Hrvatska

098/900-6657

petra.kolaric.kc@gmail.com

Spol Žensko | Datum rođenja 24.06.1991. | Državljanstvo hrvatsko

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

2013-danas

Magistar struke znanosti o okolišu

Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb (Hrvatska)
Biološki odsjek
Smjer: Znanosti o okolišu

2010-2013

Sveučilišni prvostupnik struke znanosti o okolišu (univ.bacc.oecol.)

Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb (Hrvatska)
Biološki odsjek
Smjer: Znanosti o okolišu

2006-2010

Maturant gimnazije

Prirodoslovno-matematička gimnazija, Gimnazija "Fran Galović",

Koprivnica (Hrvatska)

OSOBNE VJEŠTINE

Materinski jezik: hrvatski

Ostali jezici	RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
	Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	
engleski	B1	B1	B1	B1	B1
	Sova - škola stranih jezika, Zagreb. Položen stupanj B1.				
njemački	A1	A1	A1	A1	A1

Komunikacijske vještine

Dobre komunikacijske vještine stečene prilikom izrade brojnih seminara i prezentacija u grupi i samostalno, tijekom preddiplomskog i diplomskog studija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Timski rad u laboratoriju i na terenu prilikom odrađivanja manjih istraživanja u sklopu kolegija. Odlično poznavanje engleskog jezika, pohađanje škole stranih jezika radi usavršavanja engleskog jezika. Komunikacija i rješavanje timskih zadataka na engleskom jeziku. Također, dugogodišnji timski rad stečen na terenu prilikom treniranja rukometa u klubu i na fakultetu, te sudjelovanja na brojnim klupskim i sveučilišnim prvenstvima.

Organizacijske / rukovoditeljske vještine

Stručno osposobljena za rad u laboratoriju nakon preddiplomskog studija. Zatim sposobnost obavljanja poslova vezanih uz istraživanja iz biologije, kemije, geologije i geografije. Rad u tvrtkama i institucijama koje djeluju u okviru zaštite prirode i okoliša. Sposobnost rada na terenu, analize terenskih podataka te izrade seminara i radova.

Poslovne vještine

Sposobnost rada u laboratoriju, na terenu, u grupi i samostalno, vladanje posebnom vrstom opreme (laboratorijska i terenska), prikupljanje i analiziranje podataka i uzoraka. Stečeno znanje potrebno za rad u laborararatoriju, osnovno znanje determinacije, te znanje potrebno za analize iz područja biologije, geologije, geografije i kemije.

Digitalna kompetencija

SAMOPROCJENA				
Obrada informacija	Komunikacija	Stvaranje sadržaja	Sigurnost	Rješavanje problema
Samostalni korisnik	Iskusni korisnik	Samostalni korisnik	Samostalni korisnik	Temeljni korisnik

Vrlo dobro poznavanje rada na računalu, korištenje Microsoft Office paketa (Word, Excel, PowerPoint) i Interneta. Poznavanje rada u ArcGIS programu, poznavanje rada u statističkom programu Statsoft STATISTICA, te lako usvajanje novih računalnih vještina.

Vozačka dozvola

B

10. PRILOZI

Prilog I. Rezultati t-testa – usporedbe morfometrijskih značajki između spolova na lokalitetu Varoš (Korana)…….I

Prilog II. Rezultati t-testa – usporedbe morfometrijskih značajki između spolova na lokalitetu Ladvenjak (Korana)……...II

Prilog III. Rezultati t-testa – usporedbe morfometrijskih značajki između spolova na lokalitetu Domašinec (Mura)……..III

Prilog IV. Rezultati t-testa – usporedbe morfometrijskih značajki između spolova na Lokalitetu Sv. Martin (Mura)……..……IV

Prilog V. Rezultati post-hoc testa po pojedinim morfometrijskim značajkama za mužjake……....V

Prilog VI. Rezultati post-hoc testa po pojedinim morfometrijskim značajkama za ženke……..…..VIII

Prilog VII. Varijable (morfometrijske značajke) uključene u MDA za mužjake signalnog raka uzorkovane na sva 4 lokaliteta……..…….XI

Prilog VIII. Varijable (morfometrijske značajke) uključene u MDA za ženke signalnog raka uzorkovane na sva 4 lokaliteta. ……XII

Prilog I. Rezultati t-testa – usporedbe morfometrijskih značajki između spolova na lokalitetu Varoš (Korana). Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Varijable	Srednja vrijednost-mužjaci	Srednja vrijednost-ženke	t-vrijednost	df	p-vrijednost	N mužjaci	N ženke	Standardna devijacija-mužjaci	Standardna devijacija-ženke	F-omjer varijanci	p-varijance	Levene F(1,df)	df Levene	p Levene
ROL	0,351	0,353	-0,117	15	0,908	7	10	0,038	0,042	1,229	0,830	0,002	15	0,967
HEL	0,592	0,587	0,724	15	0,480	7	10	0,018	0,014	1,807	0,408	0,279	15	0,605
ARL	0,408	0,413	-0,724	15	0,480	7	10	0,018	0,014	1,807	0,408	0,279	15	0,605
ABL	1,036	1,078	-1,138	15	0,273	7	10	0,070	0,078	1,261	0,804	0,061	15	0,809
TEL	0,369	0,402	-1,739	15	0,102	7	10	0,020	0,047	5,274	0,056	0,761	15	0,397
CLL	1,147	0,950	2,937	15	0,010	7	10	0,185	0,090	4,231	0,053	1,347	15	0,264
CFL	0,704	0,598	3,191	15	0,006	7	10	0,082	0,055	2,195	0,278	0,168	15	0,687
CPL	0,360	0,290	3,209	15	0,006	7	10	0,060	0,030	4,125	0,057	2,156	15	0,163
CLH	0,247	0,199	3,142	15	0,007	7	10	0,032	0,030	1,108	0,854	0,000	15	0,992
CLW	0,447	0,363	2,517	15	0,024	7	10	0,080	0,058	1,955	0,352	0,946	15	0,346
CPH	0,623	0,643	-1,126	15	0,278	7	10	0,039	0,034	1,339	0,666	0,151	15	0,703
ABH	0,424	0,393	1,518	15	0,150	7	10	0,043	0,041	1,099	0,862	0,217	15	0,648
HEW	0,313	0,323	-0,388	15	0,703	7	10	0,069	0,041	2,825	0,157	0,363	15	0,556
ROW	0,165	0,175	-1,026	15	0,321	7	10	0,019	0,021	1,292	0,780	0,595	15	0,452
CGW	0,552	0,547	0,257	15	0,801	7	10	0,030	0,042	1,920	0,440	1,195	15	0,292
CPW	0,699	0,692	0,436	15	0,669	7	10	0,034	0,028	1,423	0,608	0,006	15	0,938
ARW	0,179	0,192	-1,477	15	0,160	7	10	0,015	0,019	1,713	0,527	0,290	15	0,598
CEW	0,507	0,513	-0,319	15	0,754	7	10	0,033	0,037	1,260	0,805	0,779	15	0,391
ABW	0,628	0,706	-3,531	15	0,003	7	10	0,012	0,057	21,723	0,001	6,514	15	0,022
TEW	0,333	0,346	-1,045	15	0,312	7	10	0,033	0,018	3,183	0,116	1,360	15	0,262
m	0,883	0,848	0,223	15	0,827	7	10	0,395	0,244	2,612	0,189	1,299	15	0,272
TL	2,489	2,868	-1,561	15	0,139	7	10	0,762	0,133	32,833	0,000	4,868	15	0,043

Prilog II. Rezultati t-testa – usporedbe morfometrijskih značajki između spolova na lokalitetu Ladvenjak (Korana). Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Varijable	Srednja vrijednost-mužjaci	Srednja vrijednost-ženke	t-vrijednost	df	p-vrijednost	N mužjaci	N ženke	Standardna devijacija-mužjaci	Standardna devijacija-ženke	F-omjer varijanci	p-varijance	Levene F(1,df)	df Levene	p Levene
ROL	0,306	0,315	0,722	45	0,474	27	20	0,046	0,039	1,352	0,503	0,269	45	0,606
HEL	0,585	0,600	2,882	45	0,006	27	20	0,018	0,018	1,035	0,918	0,002	45	0,962
ARL	0,415	0,400	-2,882	45	0,006	27	20	0,018	0,018	1,035	0,918	0,002	45	0,962
ABL	0,953	1,044	4,414	45	0,000	27	20	0,078	0,057	1,904	0,152	3,993	45	0,052
TEL	0,348	0,376	4,426	45	0,000	27	20	0,023	0,018	1,783	0,197	0,487	45	0,489
CLL	1,205	0,982	-5,210	45	0,000	27	20	0,182	0,068	7,077	0,000	20,649	45	0,000
CFL	0,726	0,585	-5,246	45	0,000	27	20	0,114	0,045	6,441	0,000	14,239	45	0,000
CPL	0,392	0,298	-6,233	45	0,000	27	20	0,062	0,029	4,548	0,001	11,848	45	0,001
CLH	0,278	0,216	-4,895	45	0,000	27	20	0,054	0,019	7,991	0,000	10,658	45	0,002
CLW	0,495	0,399	-5,250	45	0,000	27	20	0,077	0,034	4,995	0,001	11,951	45	0,001
CPH	0,646	0,631	-1,733	45	0,090	27	20	0,032	0,024	1,753	0,211	2,668	45	0,109
ABH	0,393	0,391	-0,102	45	0,920	27	20	0,042	0,047	1,220	0,628	0,133	45	0,717
HEW	0,347	0,345	-0,246	45	0,807	27	20	0,035	0,035	1,027	0,933	0,190	45	0,665
ROW	0,153	0,156	0,831	45	0,411	27	20	0,013	0,010	1,661	0,257	0,589	45	0,447
CGW	0,583	0,567	-1,636	45	0,109	27	20	0,031	0,035	1,227	0,618	0,950	45	0,335
CPW	0,711	0,693	-1,901	45	0,064	27	20	0,036	0,025	2,145	0,090	2,287	45	0,137
ARW	0,173	0,179	1,037	45	0,305	27	20	0,020	0,020	1,036	0,953	0,377	45	0,542
CEW	0,506	0,521	1,699	45	0,096	27	20	0,035	0,021	2,699	0,029	3,481	45	0,069
ABW	0,611	0,697	5,171	45	0,000	27	20	0,027	0,081	9,260	0,000	36,364	45	0,000
TEW	0,313	0,329	1,855	45	0,070	27	20	0,031	0,029	1,183	0,715	0,103	45	0,750
m	1,209	0,904	-2,653	45	0,011	27	20	0,458	0,266	2,969	0,017	9,917	45	0,003
TL	2,641	2,754	2,203	45	0,033	27	20	0,203	0,124	2,670	0,031	0,701	45	0,407

Prilog III. Rezultati t-testa – usporedbe morfometrijskih značajki između spolova na lokalitetu Domašinec (Mura). Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Varijable	Srednja vrijednost-mužjaci	Srednja vrijednost-ženke	t-vrijednost	df	p-vrijednost	N mužjaci	N ženke	Standardna devijacija-mužjaci	Standardna devijacija-ženke	F-omjer varijanci	p-varijance	Levene F(1,df)	df Levene	p Levene
ROL	0,379	0,390	0,780	18	0,445	10	10	0,021	0,039	3,617	0,069	3,489	18	0,078
HEL	0,576	0,576	-0,059	18	0,953	10	10	0,011	0,015	1,771	0,408	0,548	18	0,469
ARL	0,424	0,424	0,059	18	0,953	10	10	0,011	0,015	1,771	0,408	0,548	18	0,469
ABL	0,983	1,065	3,402	18	0,003	10	10	0,058	0,049	1,389	0,632	0,226	18	0,640
TEL	0,396	0,421	2,916	18	0,009	10	10	0,020	0,019	1,102	0,887	0,009	18	0,927
CLL	1,283	0,997	-2,193	18	0,042	10	10	0,207	0,358	2,986	0,119	0,130	18	0,722
CFL	0,737	0,606	-1,572	18	0,133	10	10	0,136	0,226	2,734	0,150	0,035	18	0,854
CPL	0,435	0,318	-2,654	18	0,016	10	10	0,078	0,117	2,257	0,241	0,001	18	0,976
CLH	0,353	0,256	-2,667	18	0,016	10	10	0,070	0,092	1,713	0,435	0,206	18	0,655
CLW	0,565	0,452	-1,824	18	0,085	10	10	0,105	0,164	2,441	0,200	0,001	18	0,971
CPH	0,645	0,664	1,175	18	0,255	10	10	0,022	0,046	4,530	0,035	3,743	18	0,069
ABH	0,453	0,489	1,599	18	0,127	10	10	0,035	0,062	3,144	0,103	2,524	18	0,130
HEW	0,427	0,451	2,270	18	0,036	10	10	0,030	0,016	3,596	0,070	7,171	18	0,015
ROW	0,177	0,188	1,722	18	0,102	10	10	0,016	0,012	1,803	0,393	1,206	18	0,287
CGW	0,592	0,589	-0,189	18	0,853	10	10	0,032	0,027	1,425	0,606	0,457	18	0,508
CPW	0,700	0,702	0,111	18	0,913	10	10	0,052	0,021	5,896	0,014	5,414	18	0,032
ARW	0,173	0,186	1,885	18	0,076	10	10	0,021	0,010	4,523	0,035	5,829	18	0,027
CEW	0,526	0,540	0,804	18	0,432	10	10	0,050	0,029	2,991	0,118	0,956	18	0,341
ABW	0,638	0,777	4,836	18	0,000	10	10	0,035	0,084	5,861	0,015	11,671	18	0,003
TEW	0,334	0,358	3,066	18	0,007	10	10	0,018	0,017	1,098	0,891	0,027	18	0,872
m	1,600	1,098	-2,340	18	0,031	10	10	0,650	0,195	11,060	0,001	13,064	18	0,002
TL	2,678	2,837	4,206	18	0,001	10	10	0,102	0,063	2,635	0,165	3,734	18	0,069

Prilog IV. Rezultati t-testa – usporedbe morfometrijskih značajki između spolova na lokalitetu Sv. Martin (Mura). Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Varijable	Srednja vrijednost-mužjaci	Srednja vrijednost-ženke	t-vrijednost	df	p-vrijednost	N mužjaci	N ženke	Standardna devijacija-mužjaci	Standardna devijacija-ženke	F-omjer varijanci	p-varijance	Levene F(1,df)	df Levene	p Levene
ROL	0,391	0,399	-0,463	24	0,648	18	8	0,035	0,044	1,598	0,405	0,466	24	0,502
HEL	0,566	0,582	-2,270	24	0,032	18	8	0,017	0,015	1,221	0,831	0,926	24	0,346
ARL	0,434	0,418	2,270	24	0,032	18	8	0,017	0,015	1,221	0,831	0,926	24	0,346
ABL	1,028	1,103	-2,593	24	0,016	18	8	0,066	0,073	1,246	0,665	0,592	24	0,449
TEL	0,400	0,429	-3,218	24	0,004	18	8	0,023	0,015	2,241	0,281	2,901	24	0,101
CLL	1,328	1,052	5,341	24	0,000	18	8	0,134	0,084	2,562	0,210	3,360	24	0,079
CFL	0,756	0,616	4,540	24	0,000	18	8	0,084	0,034	5,972	0,023	7,021	24	0,014
CPL	0,430	0,374	1,395	24	0,176	18	8	0,059	0,147	6,301	0,002	2,187	24	0,152
CLH	0,360	0,294	4,001	24	0,001	18	8	0,041	0,033	1,478	0,621	0,528	24	0,475
CLW	0,604	0,505	4,104	24	0,000	18	8	0,066	0,026	6,594	0,017	7,747	24	0,010
CPH	0,650	0,671	-1,500	24	0,147	18	8	0,032	0,035	1,188	0,721	0,218	24	0,645
ABH	0,448	0,494	-2,113	24	0,045	18	8	0,048	0,056	1,332	0,590	0,027	24	0,871
HEW	0,451	0,453	-0,192	24	0,849	18	8	0,029	0,031	1,139	0,771	0,010	24	0,920
ROW	0,184	0,190	-1,028	24	0,314	18	8	0,013	0,014	1,137	0,773	0,092	24	0,765
CGW	0,598	0,603	-0,455	24	0,653	18	8	0,018	0,032	3,120	0,052	3,350	24	0,080
CPW	0,707	0,693	0,869	24	0,394	18	8	0,035	0,049	1,986	0,235	3,173	24	0,088
ARW	0,175	0,192	-3,085	24	0,005	18	8	0,012	0,014	1,436	0,510	0,557	24	0,463
CEW	0,535	0,573	-1,668	24	0,108	18	8	0,023	0,094	16,344	0,000	5,426	24	0,029
ABW	0,673	0,747	-3,510	24	0,002	18	8	0,029	0,079	7,342	0,001	17,121	24	0,000
TEW	0,347	0,363	-2,366	24	0,026	18	8	0,014	0,021	2,478	0,120	1,569	24	0,222
m	1,541	1,134	2,506	24	0,019	18	8	0,412	0,298	1,909	0,391	0,961	24	0,337
TL	2,720	2,832	-1,832	24	0,079	18	8	0,137	0,159	1,341	0,583	0,322	24	0,576

Prilog V. Rezultati post-hoc testa po pojedinim morfometrijskim značajkama za mužjake. Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Varijabla TL

lokalitet	{1} M=2,641	{2} M=2,490	{3} M=2,678	{4} M=2,720
Ladvenjak {1}		1,000	1,000	1,000
Varoš {2}	1,000		1,000	0,494
Domašinec {3}	1,000	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	1,000	0,494	1,000	

Varijabla ROL

lokalitet	{1} M=,306	{2} M=,351	{3} M=,379	{4} M=,391
Ladvenjak {1}		0,052	0,000	0,000
Varoš {2}	0,052		0,879	0,136
Domašinec {3}	0,000	0,879		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,136	1,000	

Varijabla HEL

lokalitet	{1} M=,585	{2} M=,592	{3} M=,576	{4} M=,566
Ladvenjak {1}		1,000	1,000	0,003
Varoš {2}	1,000		0,362	0,005
Domašinec {3}	1,000	0,362		0,747
Sv. Martin {4}	0,003	0,005	0,747	

Varijabla ARL

lokalitet	{1} M=,415	{2} M=,408	{3} M=,424	{4} M=,434
Ladvenjak {1}		1,000	1,000	0,003
Varoš {2}	1,000		0,362	0,005
Domašinec {3}	1,000	0,362		0,747
Sv. Martin {4}	0,003	0,005	0,747	

Varijabla ABL

lokalitet	{1} M=,953	{2} M=1,036	{3} M=,983	{4} M=1,028
Ladvenjak {1}		0,047	1,000	0,006
Varoš {2}	0,047		0,801	1,000
Domašinec {3}	1,000	0,801		0,695
Sv. Martin {4}	0,006	1,000	0,695	

Varijabla TEL

lokalitet	{1} M=,348	{2} M=,369	{3} M=,396	{4} M=,400
Ladvenjak {1}		0,189	0,000	0,000
Varoš {2}	0,189		0,102	0,020
Domašinec {3}	0,000	0,102		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,020	1,000	

Varijabla CLL

lokalitet	{1} M=1,205	{2} M=1,148	{3} M=1,283	{4} M=1,328
Ladvenjak {1}		1,000	1,000	0,145
Varoš {2}	1,000		0,712	0,142
Domašinec {3}	1,000	0,712		1,000
Sv. Martin {4}	0,145	0,142	1,000	

Varijabla CFL

lokalitet	{1} M=,726	{2} M=,704	{3} M=,737	{4} M=,756
Ladvenjak {1}		1,000	1,000	1,000
Varoš {2}	1,000		1,000	1,000
Domašinec {3}	1,000	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	1,000	1,000	1,000	

Varijabla CPL				
lokalitet	{1} M=,392	{2} M=,360	{3} M=,435	{4} M=,430
Ladvenjak {1}		1,000	0,433	0,341
Varoš {2}	1,000		0,121	0,104
Domašinec {3}	0,433	0,121		1,000
Sv. Martin {4}	0,341	0,104	1,000	

Varijabla CLH				
lokalitet	{1} M=,278	{2} M=,247	{3} M=,353	{4} M=,360
Ladvenjak {1}		0,984	0,001	0,000
Varoš {2}	0,984		0,001	0,000
Domašinec {3}	0,001	0,001		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,000	1,000	

Varijabla CLW				
lokalitet	{1} M=,495	{2} M=,447	{3} M=,565	{4} M=,604
Ladvenjak {1}		0,915	0,132	0,000
Varoš {2}	0,915		0,023	0,000
Domašinec {3}	0,132	0,023		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,000	1,000	

Varijabla CPH				
lokalitet	{1} M=,646	{2} M=,623	{3} M=,645	{4} M=,650
Ladvenjak {1}		0,544	1,000	1,000
Varoš {2}	0,544		0,981	0,340
Domašinec {3}	1,000	0,981		1,000
Sv. Martin {4}	1,000	0,340	1,000	

Varijabla ABH				
lokalitet	{1} M=,393	{2} M=,424	{3} M=,453	{4} M=,448
Ladvenjak {1}		0,558	0,002	0,001
Varoš {2}	0,558		1,000	1,000
Domašinec {3}	0,002	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	0,001	1,000	1,000	

Varijabla HEW				
lokalitet	{1} M=,347	{2} M=,313	{3} M=,427	{4} M=,451
Ladvenjak {1}		0,220	0,000	0,000
Varoš {2}	0,220		0,000	0,000
Domašinec {3}	0,000	0,000		0,679
Sv. Martin {4}	0,000	0,000	0,679	

Varijabla ROW				
lokalitet	{1} M=,153	{2} M=,165	{3} M=,177	{4} M=,184
Ladvenjak {1}		0,276	0,000	0,000
Varoš {2}	0,276		0,517	0,023
Domašinec {3}	0,000	0,517		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,023	1,000	

Varijabla CGW				
lokalitet	{1} M=,583	{2} M=,552	{3} M=,592	{4} M=,598
Ladvenjak {1}		0,063	1,000	0,484
Varoš {2}	0,063		0,031	0,003
Domašinec {3}	1,000	0,031		1,000
Sv. Martin {4}	0,484	0,003	1,000	

Varijabla CPW				
lokalitet	{1} M=,711	{2} M=,699	{3} M=,700	{4} M=,707
Ladvenjak {1}		1,000	1,000	1,000
Varoš {2}	1,000		1,000	1,000
Domašinec {3}	1,000	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	1,000	1,000	1,000	

Varijabla ARW				
lokalitet	{1} M=,173	{2} M=,179	{3} M=,173	{4} M=,175
Ladvenjak {1}		1,000	1,000	1,000
Varoš {2}	1,000		1,000	1,000
Domašinec {3}	1,000	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	1,000	1,000	1,000	

Varijabla CEW				
lokalitet	{1} M=,506	{2} M=,507	{3} M=,526	{4} M=,535
Ladvenjak {1}		1,000	0,778	0,048
Varoš {2}	1,000		1,000	0,481
Domašinec {3}	0,778	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	0,048	0,481	1,000	

Varijabla ABW				
lokalitet	{1} M=,611	{2} M=,628	{3} M=,638	{4} M=,673
Ladvenjak {1}		0,898	0,058	0,000
Varoš {2}	0,898		1,000	0,003
Domašinec {3}	0,058	1,000		0,013
Sv. Martin {4}	0,000	0,003	0,013	

Varijabla TEW				
lokalitet	{1} M=,313	{2} M=,333	{3} M=,334	{4} M=,347
Ladvenjak {1}		0,413	0,159	0,000
Varoš {2}	0,413		1,000	1,000
Domašinec {3}	0,159	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	1,000	1,000	

Varijabla m				
lokalitet	{1} M=1,209	{2} M=,883	{3} M=1,600	{4} M=1,541
Ladvenjak {1}		0,666	0,179	0,151
Varoš {2}	0,666		0,020	0,017
Domašinec {3}	0,179	0,020		1,000
Sv. Martin {4}	0,151	0,017	1,000	

Prilog VI. Rezultati post-hoc testa po pojedinim morfometrijskim značajkama za ženke. Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Varijabla TL				
lokalitet	**{1} M=2,754**	**{2} M=2,869**	**{3} M=2,842**	**{4} M=2,832**
Ladvenjak {1}		0,127	0,489	0,829
Varoš {2}	0,127		1,000	1,000
Domašinec {3}	0,489	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	0,829	1,000	1,000	

Varijabla ROL				
lokalitet	**{1} M=,315**	**{2} M=,353**	**{3} M=,388**	**{4} M=,399**
Ladvenjak {1}		0,127	0,000	0,000
Varoš {2}	0,127		0,442	0,141
Domašinec {3}	0,000	0,442		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,141	1,000	

Varijabla HEL				
lokalitet	**{1} M=,600**	**{2} M=,587**	**{3} M=,575**	**{4} M=,582**
Ladvenjak {1}		0,218	0,002	0,058
Varoš {2}	0,218		0,793	1,000
Domašinec {3}	0,002	0,793		1,000
Sv. Martin {4}	0,058	1,000	1,000	

Varijabla ARL				
lokalitet	**{1} M=,400**	**{2} M=,413**	**{3} M=,425**	**{4} M=,418**
Ladvenjak {1}		0,218	0,002	0,058
Varoš {2}	0,218		0,793	1,000
Domašinec {3}	0,002	0,793		1,000
Sv. Martin {4}	0,058	1,000	1,000	

Varijabla ABL				
lokalitet	**{1} M=1,044**	**{2} M=1,078**	**{3} M=1,064**	**{4} M=1,103**
Ladvenjak {1}		1,000	1,000	0,210
Varoš {2}	1,000		1,000	1,000
Domašinec {3}	1,000	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	0,210	1,000	1,000	

Varijabla TEL				
lokalitet	**{1} M=,376**	**{2} M=,402**	**{3} M=,421**	**{4} M=,429**
Ladvenjak {1}		0,082	0,001	0,000
Varoš {2}	0,082		0,783	0,257
Domašinec {3}	0,001	0,783		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,257	1,000	

Varijabla CLL				
lokalitet	**{1} M=,982**	**{2} M=,950**	**{3} M=1,108**	**{4} M=1,052**
Ladvenjak {1}		1,000	0,001	0,213
Varoš {2}	1,000		0,000	0,050
Domašinec {3}	0,001	0,000		0,889
Sv. Martin {4}	0,213	0,050	0,889	

Varijabla CFL				
lokalitet	**{1} M=,585**	**{2} M=,598**	**{3} M=,673**	**{4} M=,616**
Ladvenjak {1}		1,000	0,001	1,000
Varoš {2}	1,000		0,026	1,000
Domašinec {3}	0,001	0,026		0,209
Sv. Martin {4}	1,000	1,000	0,209	

Varijabla CPL				
lokalitet	{1} M=,298	{2} M=,290	{3} M=,353	{4} M=,374
Ladvenjak {1}		1,000	0,256	0,048
Varoš {2}	1,000		0,256	0,058
Domašinec {3}	0,256	0,256		1,000
Sv. Martin {4}	0,048	0,058	1,000	

Varijabla CLH				
lokalitet	{1} M=,216	{2} M=,199	{3} M=,284	{4} M=,294
Ladvenjak {1}		0,499	0,000	0,000
Varoš {2}	0,499		0,000	0,000
Domašinec {3}	0,000	0,000		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,000	1,000	

Varijabla CLW				
lokalitet	{1} M=,399	{2} M=,363	{3} M=,502	{4} M=,505
Ladvenjak {1}		0,172	0,000	0,000
Varoš {2}	0,172		0,000	0,000
Domašinec {3}	0,000	0,000		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,000	1,000	

Varijabla CPH				
lokalitet	{1} M=,631	{2} M=,643	{3} M=,674	{4} M=,671
Ladvenjak {1}		1,000	0,006	0,016
Varoš {2}	1,000		0,177	0,313
Domašinec {3}	0,006	0,177		1,000
Sv. Martin {4}	0,016	0,313	1,000	

Varijabla ABH				
lokalitet	{1} M=,391	{2} M=,393	{3} M=,491	{4} M=,494
Ladvenjak {1}		1,000	0,000	0,000
Varoš {2}	1,000		0,001	0,001
Domašinec {3}	0,000	0,001		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,001	1,000	

Varijabla HEW				
lokalitet	{1} M=,345	{2} M=,323	{3} M=,451	{4} M=,453
Ladvenjak {1}		0,626	0,000	0,000
Varoš {2}	0,626		0,000	0,000
Domašinec {3}	0,000	0,000		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,000	1,000	

Varijabla ROW				
lokalitet	{1} M=,156	{2} M=,175	{3} M=,188	{4} M=,190
Ladvenjak {1}		0,005	0,000	0,000
Varoš {2}	0,005		0,411	0,213
Domašinec {3}	0,000	0,411		1,000
Sv. Martin {4}	0,000	0,213	1,000	

Varijabla CGW				
lokalitet	{1} M=,567	{2} M=,547	{3} M=,588	{4} M=,603
Ladvenjak {1}		0,823	0,868	0,115
Varoš {2}	0,823		0,081	0,009
Domašinec {3}	0,868	0,081		1,000
Sv. Martin {4}	0,115	0,009	1,000	

Varijabla CPW				
lokalitet	{1} M=,693	{2} M=,692	{3} M=,704	{4} M=,693
Ladvenjak {1}		1,000	1,000	1,000
Varoš {2}	1,000		1,000	1,000
Domašinec {3}	1,000	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	1,000	1,000	1,000	

Varijabla ARW				
lokalitet	{1} M=,179	{2} M=,192	{3} M=,188	{4} M=,192
Ladvenjak {1}		0,367	1,000	0,487
Varoš {2}	0,367		1,000	1,000
Domašinec {3}	1,000	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	0,487	1,000	1,000	

Varijabla CEW				
lokalitet	{1} M=,521	{2} M=,513	{3} M=,535	{4} M=,573
Ladvenjak {1}		1,000	1,000	0,047
Varoš {2}	1,000		1,000	0,043
Domašinec {3}	1,000	1,000		0,525
Sv. Martin {4}	0,047	0,043	0,525	

Varijabla ABW				
lokalitet	{1} M=,697	{2} M=,706	{3} M=,770	{4} M=,747
Ladvenjak {1}		1,000	0,143	0,783
Varoš {2}	1,000		0,491	1,000
Domašinec {3}	0,143	0,491		1,000
Sv. Martin {4}	0,783	1,000	1,000	

Varijabla TEW				
lokalitet	{1} M=,329	{2} M=,346	{3} M=,359	{4} M=,363
Ladvenjak {1}		0,480	0,018	0,009
Varoš {2}	0,480		1,000	0,786
Domašinec {3}	0,018	1,000		1,000
Sv. Martin {4}	0,009	0,786	1,000	

Varijabla m				
lokalitet	{1} M=,904	{2} M=,848	{3} M=1,120	{4} M=1,134
Ladvenjak {1}		1,000	0,246	0,225
Varoš {2}	1,000		0,151	0,138
Domašinec {3}	0,246	0,151		1,000
Sv. Martin {4}	0,225	0,138	1,000	

Prilog VII. Varijable (morfometrijske značajke) uključene u MDA za mužjake signalnog raka uzorkovane na sva 4 lokaliteta. Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Varijable	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (3,43)	p-vrijednost	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
HEW	0,034	0,802	3,538	0,022	0,482	0,518
TEL	0,043	0,631	8,364	0,000	0,541	0,459
CPH	0,032	0,859	2,357	0,085	0,511	0,489
m	0,041	0,663	7,276	0,000	0,127	0,873
CFL	0,029	0,942	0,883	0,458	0,121	0,879
ROL	0,036	0,748	4,836	0,005	0,743	0,257
ABW	0,032	0,856	2,408	0,080	0,356	0,644
CGW	0,029	0,942	0,882	0,458	0,486	0,514
ROW	0,034	0,792	3,764	0,017	0,471	0,529
CPW	0,033	0,833	2,883	0,047	0,259	0,741
CLW	0,029	0,921	1,231	0,310	0,191	0,809
CLH	0,031	0,889	1,790	0,163	0,323	0,677
HEL	0,030	0,917	1,298	0,287	0,780	0,220
CLL	0,030	0,902	1,550	0,215	0,058	0,942
ABL	0,030	0,909	1,434	0,246	0,422	0,578
TL	0,029	0,926	1,140	0,344	0,734	0,266

Prilog VIII. Varijable (morfometrijske značajke) uključene u MDA za ženke signalnog raka uzorkovane na sva 4 lokaliteta. Crvenom bojom su označene statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Varijable	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (3,30)	p-vrijednost	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
HEW	0,019	0,783	2,768	0,059	0,518	0,482
ROW	0,023	0,663	5,087	0,006	0,526	0,474
CFL	0,022	0,676	4,801	0,008	0,686	0,314
TL	0,024	0,637	5,705	0,003	0,146	0,854
CLH	0,017	0,894	1,192	0,330	0,336	0,664
HEL	0,020	0,755	3,252	0,035	0,702	0,298
CLW	0,019	0,812	2,315	0,096	0,313	0,687
ABL	0,021	0,726	3,781	0,021	0,237	0,763
CGW	0,017	0,899	1,123	0,355	0,525	0,475
TEL	0,017	0,910	0,988	0,412	0,473	0,527
CPW	0,019	0,788	2,688	0,064	0,285	0,715
CEW	0,018	0,867	1,536	0,225	0,588	0,412
m	0,017	0,875	1,427	0,254	0,288	0,712
TEW	0,018	0,830	2,051	0,128	0,390	0,610
ROL	0,017	0,897	1,154	0,344	0,754	0,246