

# Morfometrijska obilježja populacija dagnje (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) uz hrvatsku obalu Jadrana

---

**Burčul, Barbara**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:194812>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-22**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno–matematički fakultet  
Biološki odsjek

Barbara Burčul

**Morfometrijska obilježja populacija dagnje (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) uz hrvatsku obalu  
Jadrana**

Diplomski rad

---

Voditelj: Prof. dr. sc. Goran Klobučar

Zagreb, 2015.

*Ovaj rad, izrađen na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno–matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom Prof. dr. sc. Görana I. V. Klobučara, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno–matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistar struke znanosti o okolišu.*

*Veliko hvala mojem mentoru prof. dr. sc. Göranu I. V. Klobučaru te sumentorici dr.sc. Anamariji Štambuk na ukazanom povjerenju, vremenu, potpori i pomoći oko izrade ovog diplomskog rada.*

*Zahvaljujem svima koji su sudjelovali na prethodnom terenskom radu, mag. Dorotei Polović na terenskom dnevniku i svoj pomoći oko snalaženja u labosu, a osobito zahvaljujem mag. Vidu Bakoviću na tome što je prethodno prikupio znanja o morfološkim čimbenicima i načinu njihova mjerenja te ogromnoj pomoći u statističkoj obradi podataka.*

*Zahvaljujem se također svim volonterima Laboratorija za ekotoksikologiju koji su izdvojili vrijeme za zapisivanje podataka, osobito Mateji Nemet.*

*Zahvaljujem djelatnicima Instituta Ruđer Bošković koji su odradili analize teških metala kao dijela ovog diplomskog rada.*

*Zahvaljujem svim svojim prijateljima i obitelji koji su pomogli pri upisivanju podataka, bili prvi recenzenti, slušali moje žalopojke i bili uvijek uz mene!*

# **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno–matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## **Morfometrijska obilježja populacija dagnje (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) uz hrvatsku obalu Jadrana**

Barbara Burčul

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb

Morfologija školjkaša uvjetovana je genetskim i okolišnim čimbenicima. Glavni ciljevi ovog rada bili su utvrditi da li se populacije dagnje *Mytilus galloprovincialis* duž istočne obale Jadrana razlikuju po morfometrijskim obilježjima te ispitati koji ekološki čimbenici utječu na morfometrijske značajke populacija dagnji. Prikupljeni su podaci za 13 morfometrijskih obilježja mjenjenih na ljušturama dagnji te izmjereni kondicijski i gonadosomatski indeksi za 1780 jedinki iz 18 nativnih i akvakulturnih populacija dagnji. Bioklimatski podatci i podatci o fizičko–kemijskim svojstvima morske vode u obalnom pojasu Jadrana prikupljeni su s nekoliko internetskih baza podataka za okolišne varijable. Utvrđeno je da se populacije dagnje uz hrvatsku obalu Jadrana međusobno razlikuju prema morfometrijskim obilježjima, prvenstveno prema položaju stražnjeg mišića aduktora. Nisu utvrđena obilježja po kojima bi se razdvojile populacije s obzirom na onečišćenost ili geografski položaj postaja koje nastanjuju. Utvrđena je visoka korelacija temperature mora s volumenom, visinom i širinom ljuštura te položajem i širinom stražnjeg mišića retraktora. Otopljeni kisik, organski ugljik, klorofil i metali u tragovima također su pokazali korelacije s nekim morfometrijskim obilježjima te kondicijskim i gonadosomatskim indeksom, što ukazuje na utjecaj okoliša na navedene morfometrijske značajke.

(63 stranice, 32 slike, 2 tablice, 127 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: morfometrija, ekološki čimbenici, *Mytilus galloprovincialis*, Jadran

Voditelj: Prof. dr. sc. Göran I. V. Klobučar

Neposredni voditelj: dr. sc. Anamaria Štambuk

Ocjenitelji: 1. Prof. dr. sc. Göran I. V. Klobučar

2. Doc. dr. sc. Duje Lisičić

3. Doc. dr. sc. Neven Bočić

4. Prof. dr. sc. Vlasta Čosović

Rad je prihvaćen: 18. 02. 2015.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

### **Morphometry of *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) populations inhabiting eastern Adriatic coast**

Barbara Burčul

Rooseveltova trg 6, 10 000 Zagreb

Morphology of bivalves is determined by both genetic and environmental factors. The main objectives of this study were to establish whether the populations of mussel *Mytilus galloprovincialis* along the eastern coast of the Adriatic Sea differ in morphometric traits, and to examine which environmental factors influence the morphometric traits of these mussel populations. Data were collected for 1780 individuals sampled from 18 native and aquacultural populations. 13 morphometric traits were measured on mussel shells, and condition and gonadosomatic indices were also recorded. Bioclimatic data and physical and chemical properties of seawater data in Adriatic coastal zone were collected from several online environmental variables databases. It was determined that mussel populations along the eastern coast of the Adriatic Sea differ according to the morphometric traits, mostly by the position of posterior adductor muscle. Particular morphometric characteristics which would distinguish the populations according to the pollution status or geographical locations of sites were not found. High significant correlation between the seawater temperature and the shell volume, height, width and posterior retractor muscle position and width was found. Dissolved oxygen, organic carbon, chlorophyll and trace metals also showed correlations with some of the morphometric traits as well as condition and gonadosomatic indices, which indicates the influence of the environment on the mentioned morphometric traits.

(63 pages, 32 figures, 2 tables, 127 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Key words: *Mytilus galloprovincialis*, morphometry, environmental factors, Adriatic Sea

Supervisor: Dr. sc. Göran I. V. Klobučar, Prof.

Assistant Supervisor: Dr. sc. Anamaria Štambuk

Reviewers: 1. Dr. sc. Göran I. V. Klobučar, Prof.

2. Dr. sc. Duje Lisičić, Ass. Prof.

3. Dr. sc. Neven Bočić, Ass. Prof.

4. Dr. sc. Vlasta Čosović, Prof.

Thesis accepted: 18. 02. 2015.

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
1.1. Geografska rasprostranjenost i glavne karakteristike mediteranske dagnje .....	1
1.2. Uloga morfometrije u biološkim istraživanjima.....	2
1.3. Djelovanje stresnih okolišnih čimbenika.....	3
1.3.1. Stanište.....	3
1.3.2. Salinitet .....	4
1.3.3. Gustoća populacije i prehrana.....	4
1.3.4. Prisutnost predatora.....	5
1.3.5. Onečišćenje .....	5
1.4. Prihvaćanje za podlogu i utjecaj valova .....	5
1.5. Utjecaj okoliša na reproduktivno stanje .....	7
1.6. Utjecaj okolišnih uvjeta na rast ljušture .....	8
1.6.1. Porast parcijalnog tlaka ugljikovog dioksida ( $pCO_2$ ) .....	9
1.7. Utjecaj gena i/ili okoliša na morfološke razlike .....	9
1.7.1. Genetska različitost jadranskih populacija.....	10
1.8. Ciljevi istraživanja.....	11
2. MATERIJALI I METODE .....	12
2.1. Istraživani organizam .....	12
2.2. Područje istraživanja.....	12
2.3. Prikupljanje i obrada jedinki.....	13
2.4. Prikupljanje klimatskih podataka .....	14
2.5. Kemijska analiza.....	15
2.6. Procjena stanja okoliša .....	15
2.7. Obrada rezultata.....	16
2.7.1. Formule za izračun gonadosomatskih i kondicijskih indeksa te volumena ljušture za logaritamski standardizirane podatke .....	17
3. REZULTATI.....	18
3.1. Morfometrijska obilježja populacija uzorkovanih u jesen 2013. godine.....	18
3.2. Morfometrijska obilježja populacija uzorkovanih u proljeće 2014. godine.....	27
3.3. Rezultati diskriminantne analize provedene na populacijama uzorkovanim u jesen 2013. godine .....	32
3.4. Vrijednosti metala i metaloida u tkivu dagnji uzorkovanih u proljeće 2014. godine....	36

3.5. Klimatski i drugi ekološki čimbenici.....	38
3.6. Korelacije između morfometrijskih obilježja populacija i koncentracije metala, metaloida, klimatskih te drugih ekoloških čimbenika na postajama .....	42
4. RASPRAVA.....	48
5. ZAKLJUČAK .....	55
6. LITERATURA.....	56
7. PRILOZI.....	63
8. ŽIVOTOPIS .....	



## 1. UVOD

### 1.1. Geografska rasprostranjenost i glavna obilježja mediteranske dagnje

U Europi su prisutne 3 vrste dagnji iz roda *Mytilus*.

*M. trossulus* (Gould, 1850) nalazi se u subarktičkim krajevima pa je dobro prilagođena niskim temperaturama i velikim promjenama saliniteta (Groenenberg i sur. 2011).

*M. edulis* (L., 1758) uobičajena je duž čitave europske obale Atlantika, južno do Maroka (Jaziri i sur. 1995), no pojavljuje se i u zapadnom dijelu Mediterana (Quesada i sur. 1995).

*M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) je dominantna vrsta u Mediteranu, ali također živi uz sjeverni dio europske obale Atlantika, do sjeverozapadne Irske (Gardner 1992). U usporedbi s ostale dvije vrste najslabije je prilagođena promjenama saliniteta te zahtijeva više temperature (Groenenberg i sur. 2011).

Ranija taksonomska istraživanja roda *Mytilus* temeljila su vrste prema alozimskim karakteristikama<sup>1</sup> (Bulnheim i Gosling 1988). U većini područja sjeverne hemisfere gdje se vrste preklapaju pojavljuju se hibridi, što dovodi do razumljive rasprave o njihovom taksonomskom statusu<sup>2</sup> (Gosling 1984), kao i do pitanja koji biološki mehanizmi održavaju vrste zasebnima, unatoč hibridizaciji (McDonald i sur. 1991).

Mediteranska dagnja *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) (Slika 1), uz plavu dagnju *M. edulis*, jedna je od najistraživanijih vrsta u području ekotoksikologije. Sjedilački način života, filtracijska prehrana i visok bioakumulacijski kapacitet većine morskih onečišćivača čini mediteransku dagnju vrlo prikladnom vrstom za dobivanje bioloških izvještaja. Zbog planktonskih ličinki dugog životnog vijeka ima visok potencijal rasprostranjivanja (Štambuk i sur. 2013). Vrsta ima brojna obilježja snažnog kompetitora i oportunističke vrste kao što su brzi rast duž velikog raspona temperatura vode (Griffiths i sur. 1992), otpornost na isušivanje (Hockey i van Erkom Schurink 1992), parazite (Calvo–Ugarteburu i McQuaid 1998) i nanose pijeska (Zardi i sur. 2007) te veliki reproduktivni kapacitet, zbog čega se diljem svijeta

---

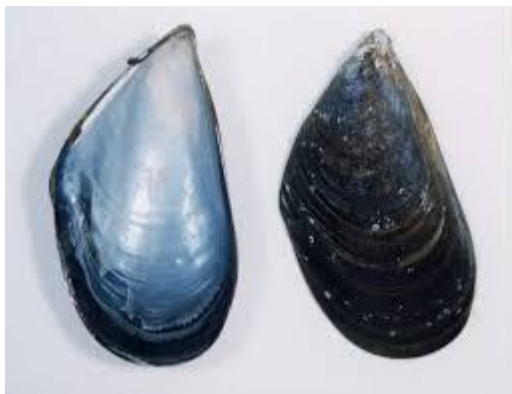
<sup>1</sup> Alozimi su različiti oblici enzima kodirani različitim alelima koji se nalaze na istom lokusu. Pokazuju i visoku razinu očuvanja u određenim carstvima i koljenima kroz evoluciju (Parker i sur. 1998).

<sup>2</sup> Taksonomija je znanstvena disciplina koja na temelju sličnosti i razlika taksonomske jedinice kategorizira i svrstava u skupine. Sistematikom prepoznata grupa živih bića naziva se takson (<http://en.wikipedia.org/>).

# 1. UVOD

---

pojavljuje kao invazivna vrsta. Prilagođena je na različite okolišne uvjete, a lako se pronalazi i prikuplja na onečišćenim područjima, kao i čistim, odnosno onima s niskom razinom antropogenog utjecaja (Štambuk i sur. 2013).



**Slika 1.** Mediteranska dagnja *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) (izvor: <http://www.swims.hku.hk/>).

## 1.2. Uloga morfometrije u biološkim istraživanjima

Morfometrija se odnosi na kvantitativnu analizu forme tj. koncepta koji obuhvaća veličinu i oblik. Glavni cilj morfometrije je statistički ispitati hipotezu o čimbenicima koji utječu na oblik (<http://www.oed.com/>).

Između vrsta postoje genetske granice, ali se njihovo određivanje ne može oslanjati isključivo na genetiku (Morais i sur. 2013). Morfometrija ljuštura je korisno sredstvo u taksonomiji koje omogućuje razlikovanje vrsta, osobito onda kad se genetička istraživanja ne mogu provesti, kao što je slučaj s fosilima i brojnim arheološkim zapisima (Gardner 2004). Morfološko gledište važno je za rutinska određivanja (Morais i sur. 2013), a najnovija morfometrijska istraživanja uspješno se primjenjuju za razlikovanje sličnih vrsta školjkaša (Rufino i sur. 2006), divljih i kultiviranih populacija (Valladares i sur. 2010), fosilnih i suvremenih taksona (Aguirre, Perez i Sirch 2006) te za otkrivanje razvojnih promjena oblika (Marquez i sur. 2010) i analizu njegovih geografskih varijacija (pregledni članak Rufina i sur. 2012).

Morfometrijska analiza je korisna i u isticanju potencijalnih adaptivnih razlika u morfologiji (Innes i Bates 1999). Određivanjem ekofenotipova<sup>3</sup> ciljanih i izvorišnih područja moguće je odrediti morfološki slične populacije i povećati preživljavanje i samoodrživost obnovljene

---

<sup>3</sup> Ekofenotipovi su fenotipovi oblikovani prilagođavanjem na specifične okolišne uvjete. Mogu biti odraz fenotipske plastičnosti (sposobnosti promjene fenotipa kao odgovor na promjene u okolišu, što znači da morfološke razlike nisu potaknute genima) ili posljedica genetske raznolikosti (Via i sur. 1995).

# 1. UVOD

---

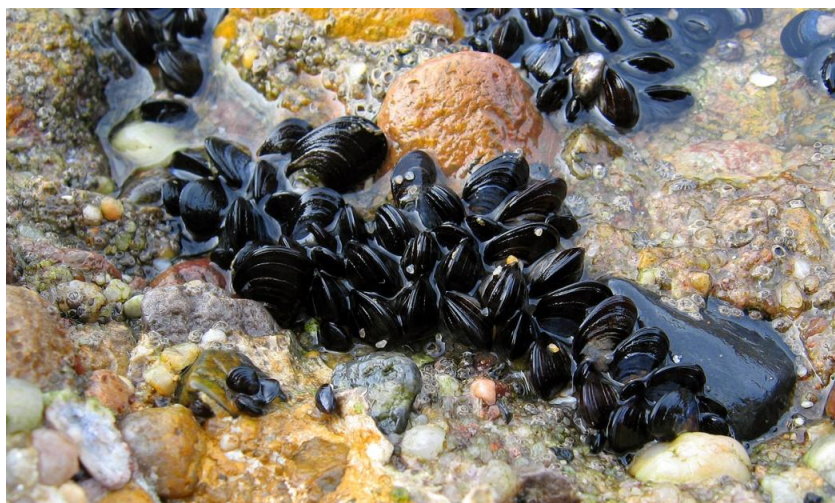
populacije. Strategija premještanja živih organizama iz jednog područja u drugo sve se više koristi za očuvanje vrsta, bioraznolikosti i funkcije ekosustava kojima prijete fragmentacija staništa i klimatske promjene (Weeks i sur. 2011). Ako je donorska populacija različita od one koju treba nadopuniti vrlo vjerojatno će preživljavanje biti slabo i premještanje neuspješno (Warren i Peek 1996). Stariji primjerci morfološki su slabije prilagodljivi jer su već razvili tipičan oblik ljušture za određeno stanište (Seed 1968).

## 1.3. Djelovanje stresnih okolišnih čimbenika

Fiziološki stres je stanje potaknuto bilo kojim okolišnim čimbenikom koji nadilazi normalne adaptivne odgovore organizma ili remeti normalno funkcioniranje do te mjere da su šanse preživljavanja znatno smanjene (Brett 1958). Jedan od načina procjene cjelokupnog zdravlja organizma je određivanje kondicijskih indeksa (odnosa mase tijela i mase ili veličine ljušture) (Marušić i sur. 2009). Veličina indeksa kondicije ovisi o sezoni spolnog ciklusa (Hrs-Brenko 1973), o prisutnosti hrane i o promjenama ekoloških čimbenika sredine (temperatura, salinitet, koncentracija otopljenog kisika) (Marguš i Teskeredžić 1984).

### 1.3.1. Stanište

Zona plime i oseke (Slika 2) je promjenjiv okoliš u kojem organizmi žive blizu ruba svoje fiziološke tolerancije (Tsuchiya 1983). Čak i slab porast temperature zraka i vode za njih može imati ozbiljne subletalne i letalne posljedice i dovesti do promjena u sastavu zajednica.



**Slika 2.** Dagnje u svom prirodnom staništu (izvor: [www.pula-online.com](http://www.pula-online.com)).

# 1. UVOD

---

Dagnje iz porodice Mytilidae najčešći su naseljenici kamenitih zona plime i oseke (Seed i Suchanek 1992) te uz to osiguravaju ekološke niše za druge organizme i povećavaju kompleksnost staništa na taj način povećavajući ukupnu bioraznolikost (Zardi i sur. 2007). Na dnevnoj su bazi izložene i kopnenim i morskim uvjetima, a period izloženosti zraku mijenja se s ciklusom plime i oseke (Denny i Paine 1998). Gornja granica naseljenosti prvenstveno je određena sušom i temperaturnim promjenama, a donje granice uspostavljene su odnosima između vrsta (Connell 1961).

## 1.3.2. Salinitet

Salinitet može utjecati na geografsku rasprostranjenost vrste i genetsku strukturu populacija (Young 1941). Koehn i sur. (1980) pokazali su da je salinitet značajna selekcijska sila koja može promijeniti genetski sastav populacija školjkaša te da je podložnost osmotskom pritisku kod *M. edulis* izloženih gradijentu saliniteta predmet prirodne selekcije. Salinitet može utjecati na veličinu, starosnu, spolnu i fenotipsku strukturu populacije dagnji (Shurova 2001).

## 1.3.3. Gustoća populacije i prehrana

Kod *M. edulis* gustoća populacije ima veoma važan utjecaj na oblik ljušture (Seed 1968). Njezin učinak može biti rezultat kompeticije za hranu, fizičkih smetnji ili njihove interakcije (Alunno–Bruscia i sur. 2001).

Dagnje filtracijom iz morske vode uzimaju fitoplankton i neživu organsku tvar. Odnos između ukupnog dostupnog sestona (živi organizmi te anorganska i organska neživa tvar koji plutaju u vodi) i ukupne količine organskih čestica utječe na apsorpcijski učinak i ima veliku važnost u sezonskom uzorku rasta. *M. edulis* iznad određene koncentracije suspendiranih čestica proizvodnjom pseudofecesa<sup>4</sup> održava stopu unosa hrane stalnom (Widdows i sur. 1979). Iznad jako visokih koncentracija (> 150 mg/l) smanjuju se volumen vode pročišćene od sestona i količina pseudofecesa. Viskoznost utječe i na količinu energije kojom dagnja raspolaže jer su trepetljike bočnih škruga koje pokreću struju za hranjenje mehanički ograničene u uvjetima visoke viskoznosti (Riisgard i Larsen 2007).

---

<sup>4</sup> Materijal odbačen prije dolaska u ždrijelo ([www.britannica.com](http://www.britannica.com)).

# 1. UVOD

---

## 1.3.4. Prisutnost predatora

Prisutnost predatora kod sesilnog plijena može potaknuti promjene u morfologiji, fiziologiji i ponašanju. Male jedinke najpodložnije su predatorima, pa stoga dagnje u normalnoj situaciji povećavaju reproduktivni napor s porastom veličine i starosti (Rodhouse i sur. 1986).

*M. edulis* u prisutnosti zvjezdača i rakova ubrzava razvoj gonada i/ili povećava reproduksijski napor. Pokazuje i neke druge reakcije potaknute prisutnošću predatora poput smanjenja stope disanja, izlučivanja i filtracije (Reimer i sur. 1995), agregacijskog ponašanja i jačanja bisusnih niti (Cote 1995).

Tri su glavna uvjeta koja pogoduju evoluciji obrane potaknute pojavom predatora: plijen mora biti izložen promjenjivom predacijskom pritisku, prisutnost trajne obrane mora biti neisplativa u odsutnosti predatora i plijen mora moći primijetiti predatora, primjerice mirisnim podražajem u vodenih životinja (Reimer 1999).

Smatra se da je povećanje populacije putem povećane proizvodnje gameta dobra strategija za vrste koje imaju ograničenu mogućnost bijega, skrivanja ili obrane (Reimer 1999).

## 1.3.5. Onečišćenje

Onečišćenje okoliša može utjecati na sve četiri glavne evolucijske sile koje oblikuju genski uzorak svake populacije (selekcija, genski drift, protok gena i mutacije). Najčešća posljedica onečišćenja na raznolikost genske strukture populacije je gubitak genetske raznolikosti zbog smanjenja efektivne veličine izložene populacije i genskog drifta. S druge strane, onečišćenje može rezultirati povećanom stopom mutacije i povećati genetsku raznolikost unutar populacije (Rinner i sur. 2011), ili može djelovati selektivno na određene prilagođene genotipove.

U prijašnjim radovima zabilježen je najveći kondicijski indeks na umjereno onečišćenim područjima, a primijećene su i značajne povezanosti između kondicijskog indeksa i količine metala u tkivu dagnje (Ivanković i sur. 2005).

## 1.4. Prihvaćanje za podlogu i utjecaj valova

U zajednicama koje nastanjuju zonu plime i oseke stalno su prisutne hidrodinamičke promjene koje uzrokuju valovi (Gaylord et al. 1994). Osim što pomiču organizme, valovi reguliraju opskrbu hranom i donos patogena te imaju ključnu ulogu u oblikovanju strukture i dinamike životnih zajednica (Paine i Levin 1981). Steffani i Branchi (2003) utvrdili su da

## 1. UVOD

---

dagnje pokazuju najveći rast i veći kondicijski indeks na obalama umjereno izloženim valovima.

Jedan od važnih čimbenika opstanka dagnji je njihova sposobnost održavanja sigurne vezanosti za supstrat (Slika 3). Za podlogu i druge jedinke čvrsto su prihvaćene bisusom, vanstaničnim skupom bjelančevinastih niti koje se luče u ventralnom žlijebu stopala (Waite 1992). Bisusna nit sastoji se od korijena koji je ugrađen u stopalo i povezan s bisusnim retraktornim mišićem, i debla koje se proteže iz korijena i podržava svaku od bisusnih niti koje se uz njega šire u raznim smjerovima te se za supstrat prihvaćaju pomoću ljepljivog plaka (Brown 1952). Proizvodnja niti čini 8–15 % mjesečnog energetskog troška (Griffiths i King 1979).



**Slika 3.** Prihvaćanje dagnje bisusnim nitima za podlogu i druge jedinke (izvor: depts.washington.edu).

Snaga prihvaćanja dagnje za podlogu u skladu je s prostornim i vremenskim varijacijama valova. Povećanje uvjetuju zima (Hunt i Scheibling 2001), blizina rubu kolonije i povećanje izloženosti valovima (Witman i Suchanek 1984). Postoje tri mehanizma kojima se može povećati snaga prihvaćanja: povećanje broja niti, njihove debljine ili snage.

Dagnje se često nalaze u slojevima i takvo agregacijsko ponašanje može biti način na koji se energija preusmjerava s proizvodnje bisusnih niti u rast i reprodukciju (Bell i Gosline 1997).

# 1. UVOD

---

## 1.5. Utjecaj okoliša na reproduktivno stanje

Dagnje pokazuju razdvojenost spolova, a spol se makroskopski može odrediti prema boji spolnih žlijezda: kod mužjaka spolne žlijezde su mliječno bijele, a kod ženki narančaste boje. U oba spola smještene su u plaštu, pa se stoga odnos mase plašta i mase tijela koristi za određivanje gonadosomatskog indeksa (Barber i Blake 2006).

Reproduktivni ciklus uključuje aktivaciju spolnih žlijezda, povećanje njihovog tkiva i mrijest, nakon čega slijedi njihovo smanjenje. Reagira na okolišne i unutarnje podražaje (Reimer 1999). U beskralježnjaka životni reproduktivni potencijal često je ovisan o masi tijela odrasle jedinke (Roff 2000). Kod životinja koje ne reguliraju temperaturu tijela samostalno, masa tijela odrasle jedinke jako je osjetljiva na okoliš (Alcapan 2007).

Dagnje kao sjedilački organizmi nemaju sposobnost izbjegavanja stresa te pod povećanim stresom preusmjeravaju energiju s reprodukcije i rasta prema skupoj fiziološkoj obrani–asimilaciji karotenoida. Karotenoidni pigmenti mogli bi imati važnu ulogu u zaštiti spolnih stanica od štete uzrokovane UV zračenjem, osobito za ženke koje proizvode jajne stanice bogate mastima. Pohrana karotenoida kod mužjaka vjerojatno dijelom služi zaštiti odraslih jedinki, te dijelom za sprječavanje peroksidacije u mastima bogatom tkivu koje okružuje nepigmentirane spolne stanice (Petes i sur. 2007).

Dagnje u visokom dijelu zone plime i oseke u tkivu spolnih žlijezda pohranjuju veće koncentracije karotenoida, imaju manji gonadosomatski indeks i povećani mrijest te ulažu manje energije u reprodukciju. Pokazuju i ranije vrijeme mrijesta te dulje ostaju bez novih zrelih gameta. Dagnje u niskom dijelu postupno otpuštaju gamete, bolje rastu i više energije ulažu u reprodukciju na što ukazuje veći gonadosomatski indeks, a to im omogućuju veća dostupnost hrane i smanjena potreba fiziološke obrane od štetnih utjecaja stresa (Petes i sur. 2007).

Reproduktivno stanje odraz je privremenih varijacija temperature površine mora (Seed i Suchanek 1992). Porast temperature može potaknuti stvaranje spolnih stanica jedino ako unutar organizma postoji dovoljno rezervi nutrijenata ili dovoljno hrane u okolišu (Gimazane 1972). Rast spolnih žlijezda kod školjkaša često se javlja s rastom temperature i vrhuncem fitoplanktonske proizvodnje ljeti, a mrijest najčešće slijedi period rasta (Sastry 1968). Odnos temperaturom induciranog mrijesta i oceanografije (uzlazna i horizontalna strujanja) ima važnu ulogu za opstanak ličinki. Raniji mrijest odraslih uslijed temperaturnih promjena može

# 1. UVOD

---

imati adaptivnu ulogu, ali i dovesti do nesklada između proizvodnje ličinki i vrhunca cvjetanja fitoplanktona, koji služi kao izvor hrane, i uzrokovati izgladnjivanje ličinki te smanjiti njihovo preživljavanje (Philippart i sur. 2003).

Tijekom razvoja gonada dagnje su pod velikim energetske naporom jer 90 % energije ulažu u proizvodnju gameta (Steffani i Branch 2003).

Snaga prihvatanja i sazrijevanje gonada su energetske vrlo zahtjevni procesi. Maksimumi snage prihvatanja u skladu su s periodima relativno niske proizvodnje gameta, što ukazuje na to da dagnje ne mogu priuštiti istovremeno ulaganje u oba procesa (Bell i Gosline 1997).

Proizvodnja bisusnih niti zbog toga može biti ograničena, što dagnje čini podložnijima valovima i odvajanju od podloge (Carrington 2002).

## 1.6. Utjecaj okolišnih uvjeta na rast ljušture

Razlike u raspodjeli resursa između tkiva i ljušture pripisane su razlikama u staništu (zona plime i oseke nasuprot stalno potopljenoj zoni) (Rao 1953), ekosustavu (obala/otvoreno more) (Barkati i Choudhry 1988) ili promjenama uvjeta okoliša (dostupnost hrane, stupanj onečišćenja, temperatura vode, salinitet, izloženost valovima) (Raubenheimer i Cook 1990). Materijali za proizvodnju ljušture i mekog tkiva potječu iz različitih izvora. Promjene u mekom tkivu potaknute su sezonskim varijacijama u dostupnosti hrane (Widdows i sur. 1979), reproduktivnom ciklusu (Bayne i Worrall 1980), mehanizmima pohrane i iskorištavanja energije (Gabbott 1976). Ljuštura se većinom oblikuje taloženjem kalcijevih iona iz morske vode (Wilbur i Saleuddin 1983) i ima puno manji organski sadržaj (< 5 %) (Jørgensen 1976) čime je samo dijelom ovisna o metaboličkom ugljiku (Tanaka i sur. 1986) i manje podložna razlikama u dostupnosti hrane jer su otopljeni kalcijevi ioni stalno prisutni u moru (Alunno–Bruscia 2001). Brojni su primjeri rasta ljušture u nekoliko vrsta morskih beskralježnjaka i u odsutnosti hranjenja, što bi mogao biti odraz strategije povećanja prostora za život unutar ljušture u iščekivanju budućeg rasta mekog tkiva (Palmer 1981).



# 1. UVOD

---

## 1.6.1. Porast parcijalnog tlaka ugljikovog dioksida ( $p\text{CO}_2$ )

Zakiseljavanje utječe na izraženost gena, razmnožavanje, fiziološke procese (Byrne 2011), mrijest, smrtnost, rast i metabolizam beskralješnjaka (Bamber 1990).

Povećani  $p\text{CO}_2$  u vodi pomiče karbonatnu ravnotežu prema smanjenoj koncentraciji karbonatnih iona, odnosno smanjenoj zasićenosti s kalcijevim karbonatom (Kroeker 2010). Školjkaši ne kontroliraju pH hemolimfe ni vanplaštane tekućine (Thomsen 2010). Kako bi se zadržao difuzni gradijent koji omogućuje izlučivanje metaboličkog ugljikovog dioksida (Melzner i sur. 2011), povećanje  $p\text{CO}_2$  u vodi dovodi do povećanja  $p\text{CO}_2$  hemolimfe i vanplaštane tekućine. Visoke vrijednosti  $p\text{CO}_2$  u vanplaštanoj tekućini pomiču koncentraciju karbonatnih iona prema još manjim koncentracijama nego u okolnoj vodi, uzrokujući ekstremno nisku zasićenost aragonitom i nizak pH na dodirnoj površini plašta i ljuštore (Melzner i sur. 2011).

Proizvodnja ljuštore je skupa i zahtjevna za energetske budžet organizma (Hiebenthal i sur. 2012). Dagnje pokazuju značajnu biološku kontrolu nad strukturnim integritetom unutarnje površine ljuštore (Melzner i sur. 2011) te u uvjetima ograničene količine hrane energiju usmjeravaju u vitalne procese (održavanje mase tijela) umjesto održavanja ljuštore. Slabiji rast mogao bi školjkaše učiniti podložnijima predatorima (Hiebenthal i sur. 2012) što ih čini osobito osjetljivom skupinom na rastuće zakiseljavanje oceana (Melzner i sur. 2011).

## 1.7. Utjecaj gena i/ili okoliša na morfološke razlike

Morfologija ljuštore školjkaša povezana je s nizom unutarnjih i vanjskih čimbenika. Unutarnji čimbenici su genetski i fiziološki, a vanjski biotička i abiotička međudjelovanja: brzina vode, izloženost valovima, dubina vode, veličina čestica sedimenta, spol, prisutnost parazita, dostupnost hrane, brojnost (Scholz i Hartman 2007) i tip predatora te gustoća populacije (Seed 1968).

Geografski odvojene populacije roda *Mytilus* pokazuju različitu morfologiju ljuštore što može biti posljedica djelovanja gena i/ili okoliša. Populacije koje obitavaju na istom području pokazuju sličnu morfologiju, a to može biti posljedica hibridizacije i/ili utjecaja istih okolišnih uvjeta (Innes i Bates 1999).

## 1. UVOD

---

Kod sjevernoatlantskih dagnji na makroregionalnoj ljestvici genotip ima snažniji utjecaj od geografije na varijacije oblika, dok geografija ima veći utjecaj na promjenu morfoloških značajki (Gardner i Thompson 2009).

Toro i sur. (2004) pokazali su potpuno odsustvo interakcije genotipa i okoliša za *M. chilensis* (Hupé 1854), što znači da različiti genotipovi slično reagiraju na uvjete u okolišu.

Recipročni transplantacijski pokusi utvrdili su da se odnos visine i duljine ljuštore mijenja kao funkcija okoliša, ali ukupne stope rasta pod kontrolom su gena (Hinch i sur. 1986).

### 1.7.1. Genetska različitost jadranskih populacija

Analizom molekularne varijance utvrđeno je da je postotak genetske varijacije među populacijama prema geografskoj udaljenosti samo 0,45 %, što ukazuje na vrlo veliku genetsku povezanost između promatranih subpopulacija na relativno velikoj geografskoj ljestvici (više od 500 kilometara udaljenosti). Analizom mikrosatelita utvrđen je potpuni nedostatak genetske različitosti uzrokovane onečišćenjem. Veliki protok gena sprječava ili ublažava takvu različitost (Štambuk i sur. 2013).

Veća genetska raznolikost utvrđena je unutar populacija koje naseljavaju onečišćena područja (veće bogatstvo alelima i očekivana heterozigotnost). Mogući uzroci toga su povećana genska introgresija te prednost heterozigotnih dagnji (Štambuk i sur. 2013). Embriji i ličinke puno su osjetljiviji na onečišćenje od odraslih (Beiras i Bellas 2008), a ako nema autohtonih ličinki i mladih, umjesto njih se mogu naseliti nove mlade jedinice iz drugih područja. Prednost heterozigotnih dagnji očituje se povećanim rastom i preživljavanjem pod stresnim uvjetima te boljom sposobnošću imunološkog odgovora (Florence i sur. 2004).

## 1.8. Ciljevi istraživanja

Glavni ciljevi ovog rada su utvrditi da li se populacije dagnje *Mytilus galloprovincialis* duž istočne obale Jadrana razlikuju po morfometrijskim obilježjima, te ispitati koji ekološki čimbenici utječu na morfometrijske značajke populacija dagnje. U radu će se analizirati kondicijski i gonadosomatski indeks, kao i morfometrijska obilježja ljuštura dagnji sakupljenih na 15 lokaliteta duž istočne obale Jadrana. Nadalje, analizom korelacija s ekološkim čimbenicima istraživat će se i utjecaj klimatskih i drugih ekoloških čimbenika na fenotipska obilježja dagnje. Utvrdit će se varijabilnost pojedinih morfometrijskih obilježja unutar i među populacijama, te različitost i obilježja različitosti pojedinih populacija.

## 2. MATERIJALI I METODE

---

### 2. MATERIJALI I METODE

#### 2.1. Istraživani organizam

vrsta: *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819)

porodica: Mytilidae

red: Mytilioida

koljeno: Mollusca

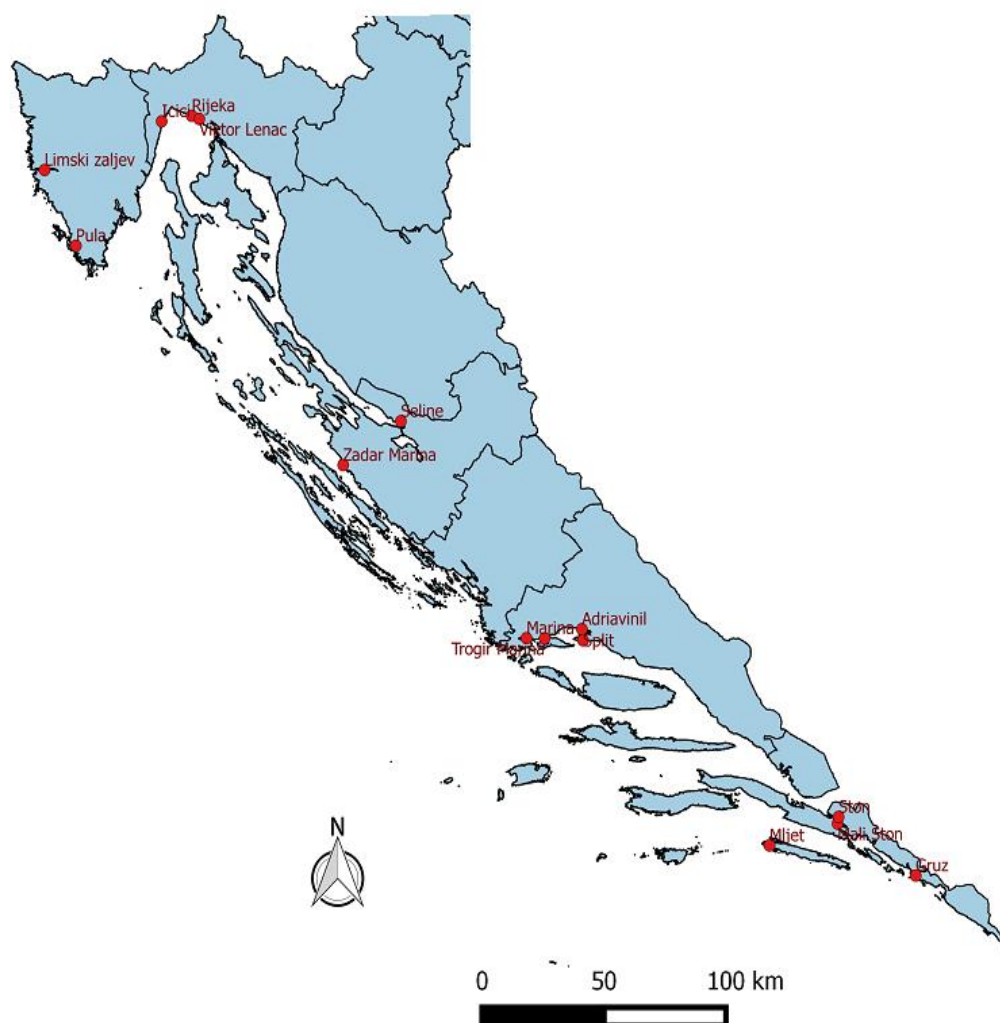
#### 2.2. Područje istraživanja

Jedinke su prikupljane iz širokog raspona staništa kako bi se utvrdilo u kojoj mjeri ekološki čimbenici uzrokuju razlike morfoloških obilježja među populacijama.

Područje istraživanja obuhvatilo je 500 km jadranske obale (Slika 4), na kojem smo sakupili dagnje iz 15 populacija. Postaje s minimalnom razinom antropogenog onečišćenja su Linski zaljev (uzgajalište dagnji blizu Rovinja), Seline (uzgajalište dagnji blizu Paklenice), Marina (uzgajalište dagnji blizu Trogira), Ston (uzgajalište dagnji) i Mljet (zatvorena uvala u nacionalnom parku), postaje izložene slabijem utjecaju antropogenog onečišćenja su manja priobalna mjesta Mali Ston (selo u blizini uzgajališta dagnji) i Ičići (rekreativno područje blizu Rijeke). Ostalo su postaje jačeg antropogenog onečišćenja: Pula i Rijeka (prometne luke, izložene slabo pročišćenim komunalnim, industrijskim i brodogradilišnim otpadnim vodama), Viktor Lenac (brodogradilište u Rijeci), Split (luka), Trogir Marina, Adriavinil (bivše industrijsko postrojenje blizu Splita), Zadar Marina i Gruž (sidrište kruzera, u koje dospjeva i mehanički obrađena komunalna otpadna voda iz Dubrovnika).

## 2. MATERIJALI I METODE

---



**Slika 4.** Geografski smještaj promatranih lokaliteta

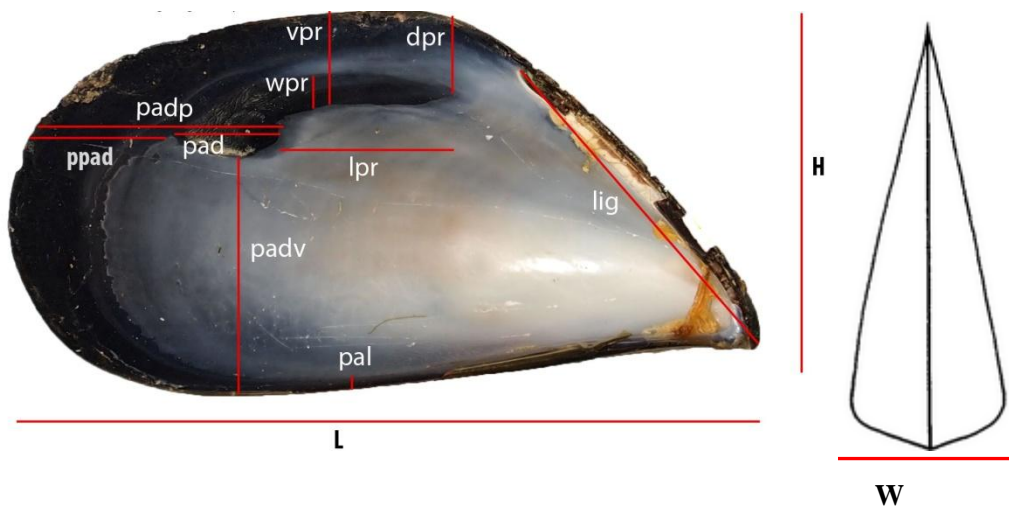
Lokalitete smo geografski podijelili na sjeverni (Lirski zaljev, Pula, Rijeka, Ljčki, Viktor Lenac), srednji (Zadar Marina, Seline, Marina, Adriavini, Split, Trogir Marina) i južni Jadran (Mali Ston, Gruž, Mljet, Ston).

### 2.3. Prikupljanje i obrada jedinki

Nativne dagnje prikupljene su sa svih postaja u jesen 2013. i proljeće 2014. godine na dubini od 0,5 do 1 m pomoću metalnog grabila. U proljeće su također prikupljene uzgojene jedinke iz akvakultura Lirski zaljev, Marina i Ston. Tkivo jedinki je secirano te je izvagana masa ukupnog tkiva i masa plašta s gonadama, koje su se koristile za izračun kondicijskog i gonadosomatskog indeksa. Ljušture su očišćene od obraštaja i oprane u alkoholu. Na tako

## 2. MATERIJALI I METODE

pripremljenim ljušturama vidljivi su ožiljci gdje su za ljušturu bili prihvaćeni mišići zatvarači. Digitalnim kaliperom (do 0,01 mm) izmjereno je 13 morfometrijskih obilježja (Slika 5) na lijevoj ljušturi svake jedinke (duljina, širina i visina ljušture, duljina ligamenta, duljina otiska stražnjeg mišića zatvarača–PAD, duljina otiska stražnjeg mišića retraktora–LPR, širina otiska stražnjeg mišića retraktora–WPR, udaljenost od trbušnog ruba stražnjeg mišića retraktora do leđnog ruba ljušture–VPR, udaljenost od prednjeg kraja otiska stražnjeg mišića retraktora do leđnog ruba ljušture–DPR, udaljenost od stražnjeg kraja otiska stražnjeg mišića zatvarača do stražnjeg ruba ljušture–PPAD, udaljenost od prednjeg kraja otiska stražnjeg mišića zatvarača do stražnjeg ruba ljušture–PADP, udaljenost od ventralnog ruba stražnjeg mišića zatvarača do trbušnog ruba ljušture–PADV, udaljenost od plaštane linije do ventralnog ruba ljušture–PAL). Masa ljušture izmjerena je digitalnom vagom.



**Slika 5.** Morfometrijski parametri ljušture dagnje *M. galloprovincialis* mjereni u ovom istraživanju

### 2.4. Prikupljanje klimatskih podataka

Klimatski podatci sakupljeni su s internetskih baza podataka: Worldclim (<http://www.worldclim.org/>), Bio-Oracle (<http://www.oracle.ugent.be/>) i Ocean Color Web (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/>).

WorldClim (Hijmans i sur. 2005) je skup globalnih klimatskih slojeva (klimatske mreže) s prostornom rezolucijom od oko 1 km<sup>2</sup> (30 arc sekundi). Slojevi podataka dobiveni su putem interpolacija prosječnih mjesečnih klimatskih podataka iz meteoroloških postaja na geografsku mrežu rezolucije 1 km<sup>2</sup>. Uključene varijable su ukupne mjesečne oborine, srednja, minimalna i maksimalna mjesečna temperatura te 19 izvedenih bioklimatskih varijabli.

## 2. MATERIJALI I METODE

---

Bio–Oracle (Tyberghein i sur. 2012) sadrži GIS rastere koji pružaju različite informacije o morskom okolišu u rezoluciji od 9,2 km (5 arc minuta). Podatci za rastere prikupljeni su s internetskih baza WOD09 i Ocean Color.

Ocean Color Web (Feldman i McClain 2007) je internetska baza podataka koju održava NASIN svemirski centar Goddard. Od 1996. godine putem satelitskih senzora prikupljaju, procesiraju, baždare, provjeravaju valjanost, pohranjuju i dijele podatke vezane uz ocean.

### 2.5. Kemijska analiza

Za analize metala i metaloida, homogenizirani uzorci tkiva (0,1 g) su stavljeni u kivetu zajedno sa 10 mL „aqua regia“ (omjer 1:3 nitratna kiselina:klorovodična kiselina) u mikrovalnu pećnicu (Multiwave 3000, Anton Paar, Graz, Austria). Nakon digestije, uzorci su razrijeđeni Milli–Q vodom do optimalne koncentracije za mjerenje ICPMS (masena spektrometrija s induktivno spregnutom plazmom). Prije mjerenja u konačne je otopine dodan indij ( $1 \mu\text{g L}^{-1}$ ) kao interni standard. Multielementalna analiza pripremljenih uzoraka rađena je pomoću masene spektrometrije visoke rezolucije s induktivno spregnutom plazmom (HR ICPMS) koristeći instrument Element2 (Thermo, Bremen, Njemačka). Mjerenja određenih izotopa rađena su na tri različite rezolucije: niska rezolucija ( $^7\text{Li}$ ,  $^{107}\text{Ag}$ ,  $^{111}\text{Cd}$ ,  $^{120}\text{Sn}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{209}\text{Bi}$ ), srednja rezolucija ( $^{51}\text{V}$ ,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Ni}$ ,  $^{63}\text{Cu}$ ,  $^{66}\text{Zn}$ ,  $^{121}\text{Sb}$ ) te visoka rezolucija ( $^{27}\text{Al}$ ,  $^{39}\text{K}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ ).

Kemijske analize metala i metaloida napravljene su u suradnji sa dr. sc. Nevenkom Mikac (Laboratorij za anorgansku geokemiju okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb).

### 2.6. Procjena stanja okoliša

Na temelju kemijskih analiza, podataka iz biomarkera i trendova onečišćenja, potvrđen je status onečišćenja istraživanih područja: slabo (Limski zaljev, Mljet, Seline, Marina, Ston), srednje (Mali Ston, Ičići) i jako (Pula, Gruž, Rijeka, Viktor Lenac–Rijeka, Zadar Marina, Trogir Marina, Adriavini–Split, Split) onečišćenje (Klobučar i sur 2008; Štambuk i sur. 2013).

## 2. MATERIJALI I METODE

---

### 2.7. Obrada rezultata

Svi izmjereni morfometrijski parametri standardizirani su logaritamski i na duljinu ljuštore. Morfometrijska obilježja, kondicijski indeksi i gonadosomatski indeksi određeni su za 100 jedinki po populaciji u jesen, te za 20–30 jedinki po populaciji u proljeće. Za analizu podataka u jesen nisu uzeti podatci s postaje Ston jer su te jedinke sakupljene naknadno. Zbog nedovoljne količine podataka u proljeće, izračunati su samo prosjeci za osnovna morfometrijska obilježja (visina, širina, duljina i volumen ljuštore).

Rezultati su statistički obrađeni korištenjem programa Microsoft Excel (Microsoft 2007), STATISTICA 8.0 (StatSoft, Inc. 2007) i R (R Core Team 2012). Statistički značajne razlike između postaja prema morfometrijskim obilježjima utvrđene su analizom varijance ANOVA i post hoc TukeyHSD testom u programu R. Rezultati su prikazani grafovima, na kojima svaki stupac predstavlja jednu postaju te su iznad svake postaje prikazana slova koja označavaju statistički značajnu različitost. Ukoliko postaja ima barem jedno isto slovo kao i neka druga, znači da između te dvije postaje nije utvrđena statistički značajna razlika.

Obrada klimatskih podataka provedena je u programima QGIS (QGIS Development Team 2015) i SeaDAS (Baith i sur. 2001) metodama izvlačenja vrijednosti piksela iz učitanih rasterskih podataka po zadanim koordinatama zabilježenim na GPS uređaju na svakoj pojedinoj postaji. Ukoliko za zadanu koordinatu nije bilo podataka, uzeti su podatci za najbliži idući piksel koji je sadržavao podatke (u programu QGIS), odnosno srednja vrijednost za maksimalno 3x3 okolnih piksela (u programu SeaDAS). Za neke postaje nisu postojali nikakvi podatci pa kao takvi nisu ni prikazani u rezultatima. Karte su izrađene unutar istih programa, a u oblikovanju nekih korišten je Paint (Microsoft 2007).

Korelacije između klimatskih varijabli i morfometrijskih parametara izračunate su korištenjem korelacijskih matrica u programu STATISTICA 8.0. U istom programu metodom Mahalanobijskih udaljenosti izračunato je koliko se postaje međusobno razlikuju prema morfometrijskim podacima, kondicijskim i gonadosomatskim indeksima te je napravljena diskriminantna analiza u kombinaciji s kanoničkom analizom kako bi se utvrdilo po kojima se od izmjerenih parametara populacije najbolje razdvajaju.



## 2. MATERIJALI I METODE

---

### 2.7.1. Formule za izračun gonadosomatskih i kondicijskih indeksa te volumena ljuštore za logaritamski standardizirane podatke

$$CI\ 1 = \log(\text{mokra masa}) / \log(\text{masa ljuštore})$$

$$CI\ 2 = \log(\text{mokra masa}) / \log(\text{duljina ljuštore})$$

$$CI\ 3 = \log(\text{mokra masa} - \text{masa plašta}) / \log(\text{duljina ljuštore})$$

$$CI\ 3b = (\log(\text{mokra masa}) - \log(\text{masa plašta})) / \log(\text{duljina ljuštore})$$

$$CI\ 4 = (\log(\text{mokra masa}) / \log(\text{duljina ljuštore})) * \log(\text{visina ljuštore})$$

$$GSI\ 1 = \log(\text{masa plašta}) / \log(\text{mokra masa})$$

$$GSI\ 2 = \log(\text{masa plašta}) / \log(\text{duljina ljuštore})$$

$$V = \log\left(\left(\frac{4}{3} * \pi\right) * \text{visina} * \text{širina} * \text{duljina ljuštore}\right) / \log(\text{duljina ljuštore}) \text{ (Shields i sur. 2008)}$$

Sve mase izražene su u gramima.

## 3. REZULTATI

---

### 3. REZULTATI

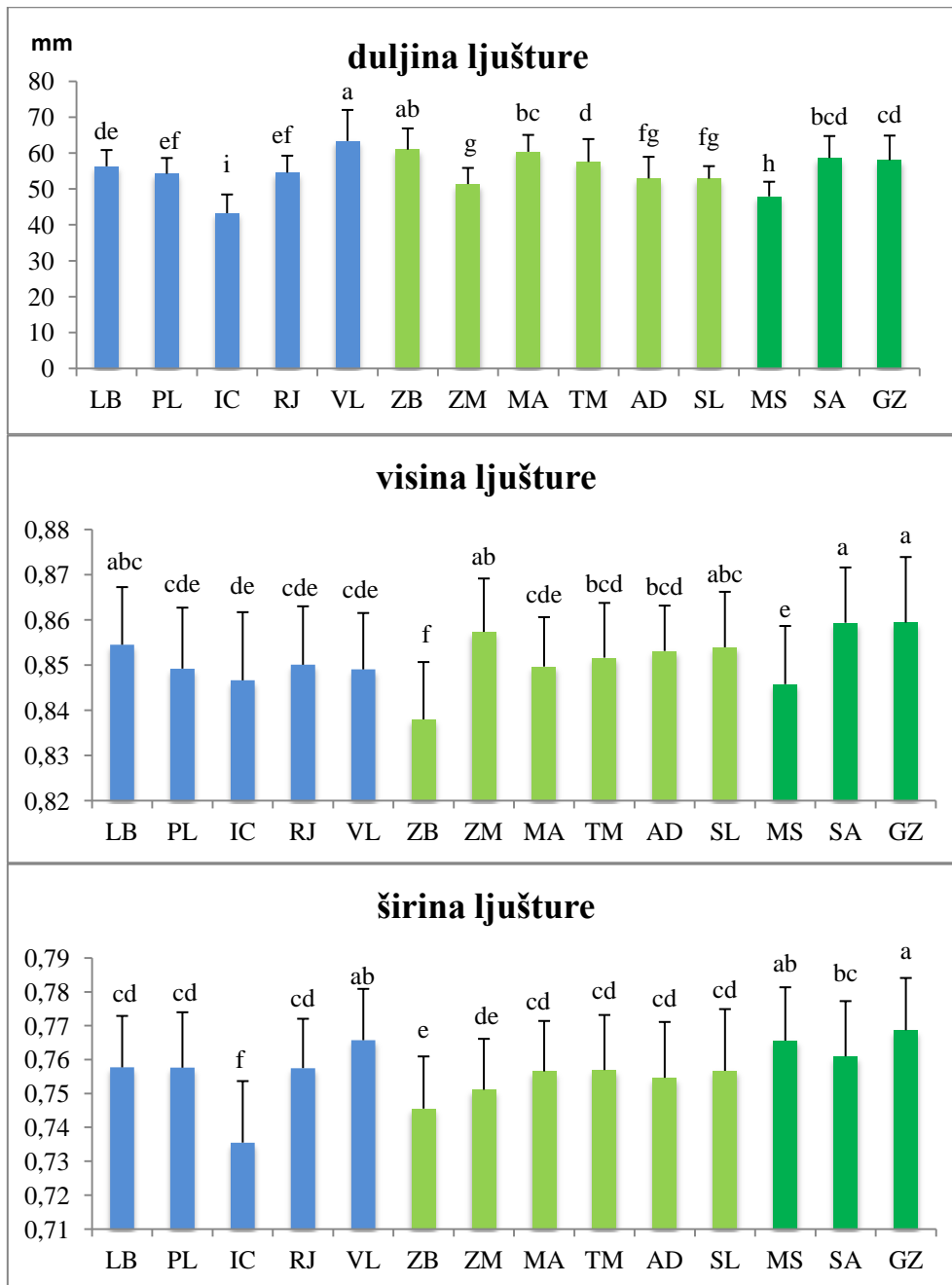
#### 3.1. Morfometrijska obilježja populacija uzorkovanih u jesen 2013. godine

Najveća izmjerena duljina ljuštore bila je na postajama Viktor Lenac i Seline, a najmanja u Ičićima i Malom Stonu. Od postaja na sjevernom Jadranu duljina ljuštore nije se značajno razlikovala između Linskog zaljeva, Pule i Rijeke, od postaja na srednjem Jadranu između Zadra Marine, Splita i Adriavnila, a od postaja na južnom Jadranu između Gruža i Mljeta. Postaje srednjeg Jadrana imale su više sličnosti s postajama sjevernog i južnog Jadrana, nego što su sjeverni i južni Jadran imali jedan s drugim (Slika 6). Smatra se da je duljina ljuštore u najvećoj mjeri povezana sa starošću uzrokovanih jedinki. Sva ostala morfometrijska obilježja stoga su normirana na duljinu jedinki. Dagnje s postaja Ičići i Mali Ston u najvećoj su mjeri odstupale po dužini, statistički značajno od svih ostalih populacija. S obzirom da je manja dužina uzrokovana time što su to mlađe, pa stoga i manje jedinke, a i zamijetila sam da se značajno razlikuju po nekim morfometrijskim obilježjima od odraslih populacija, te dvije populacije nisu uzete u obzir u nekim analizama, npr. diskriminantnoj analizi svih populacija.

Najveća izmjerena visina ljuštore zabilježena je za postaje Mljet, Gruž, Zadar Marina, Linski zaljev i Split, a najmanja za Mali Ston i Seline.

Najveća izmjerena širina ljuštore zabilježena je za postaje Mali Ston, Gruž i Viktor Lenac, a najmanja za Seline i Ičiće (Slika 6).

### 3. REZULTATI

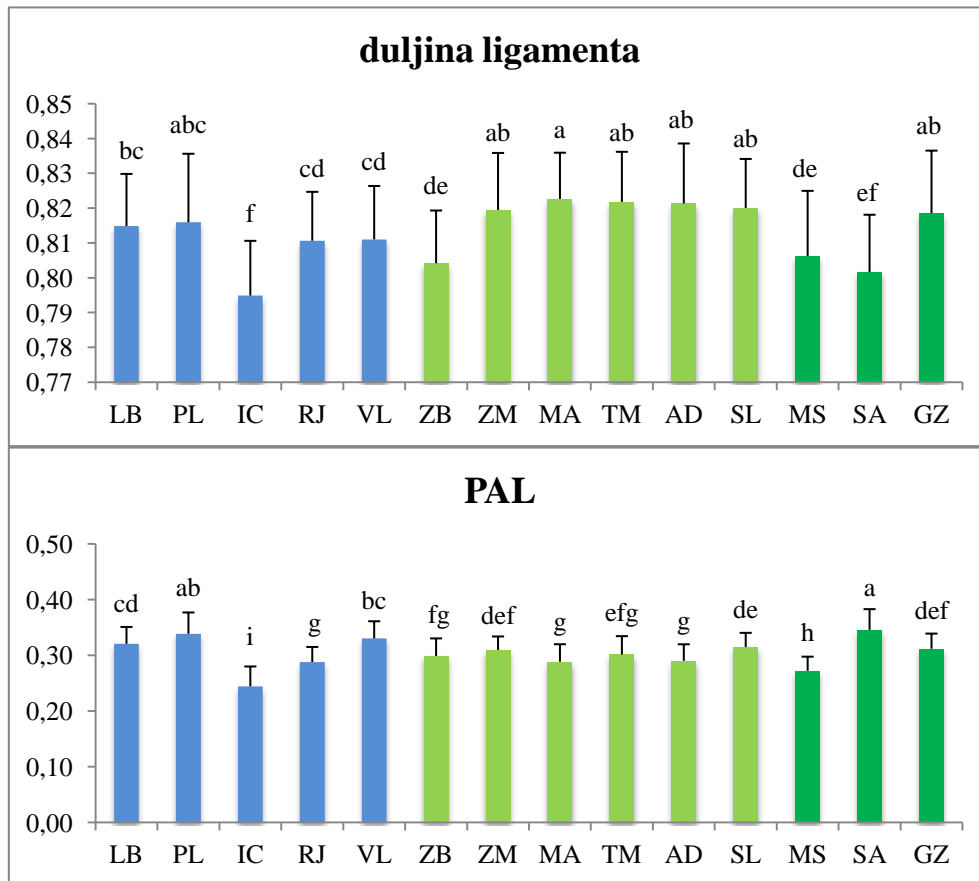


**Slika 6.** Morfometrijska obilježja (sr. vr ± st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzorkovanih u jesen 2013. godine određena digitalnom pomičnom mjerkom. Sve mjere izražene su u mm. Podatci za visinu i širinu ljuštore logaritamski su transformirani i standardizirani na duljinu ljuštore. Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnozeleno južnog Jadrana. (LB = Limski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

### 3. REZULTATI

Duljina ligamenta bila je najveća na postajama Marina, Trogir Marina, Adriavinil, Split i Gruž. Najmanju duljinu imale su jedinke na postajama Ičići i Mljet (Slika 7).

Udaljenost između plaštane linije i ventralnog ruba ljušture (PAL) bila je najveća na postajama Mljet i Pula, a najmanja na postajama Ičići i Mali Ston. Postaje srednjeg Jadrana međusobno su se manje razlikovale od postaja sjevernog i južnog Jadrana (Slika 7).



**Slika 7.** Morfometrijska obilježja (sr. vr ± st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzetih u jesen 2013. godine određena digitalnom pomičnom mjerkom. Sve mjere izražene su u mm. Podatci za duljinu ligamenta i PAL (udaljenost između plaštane linije i ventralnog ruba ljušture) logaritamski su transformirani i standardizirani na duljinu ljušture. Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnozeleno južnog Jadrana. (LB = Limski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

### 3. REZULTATI

---

Udaljenost od trbušnog ruba ljuštore do trbušnog ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača (PADV) bila je najveća na postajama Viktor Lenac, Mljet, Limski zaljev i Gruž, a najmanja na postajama Pula i Zadar Marina (Slika 8).

Udaljenost između stražnjeg ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača i stražnjeg ruba ljuštore (PPAD) nije se puno razlikovala između postaja. Najveća je bila na postaji Mljet, a najmanja na postaji Zadar Marina (Slika 8).

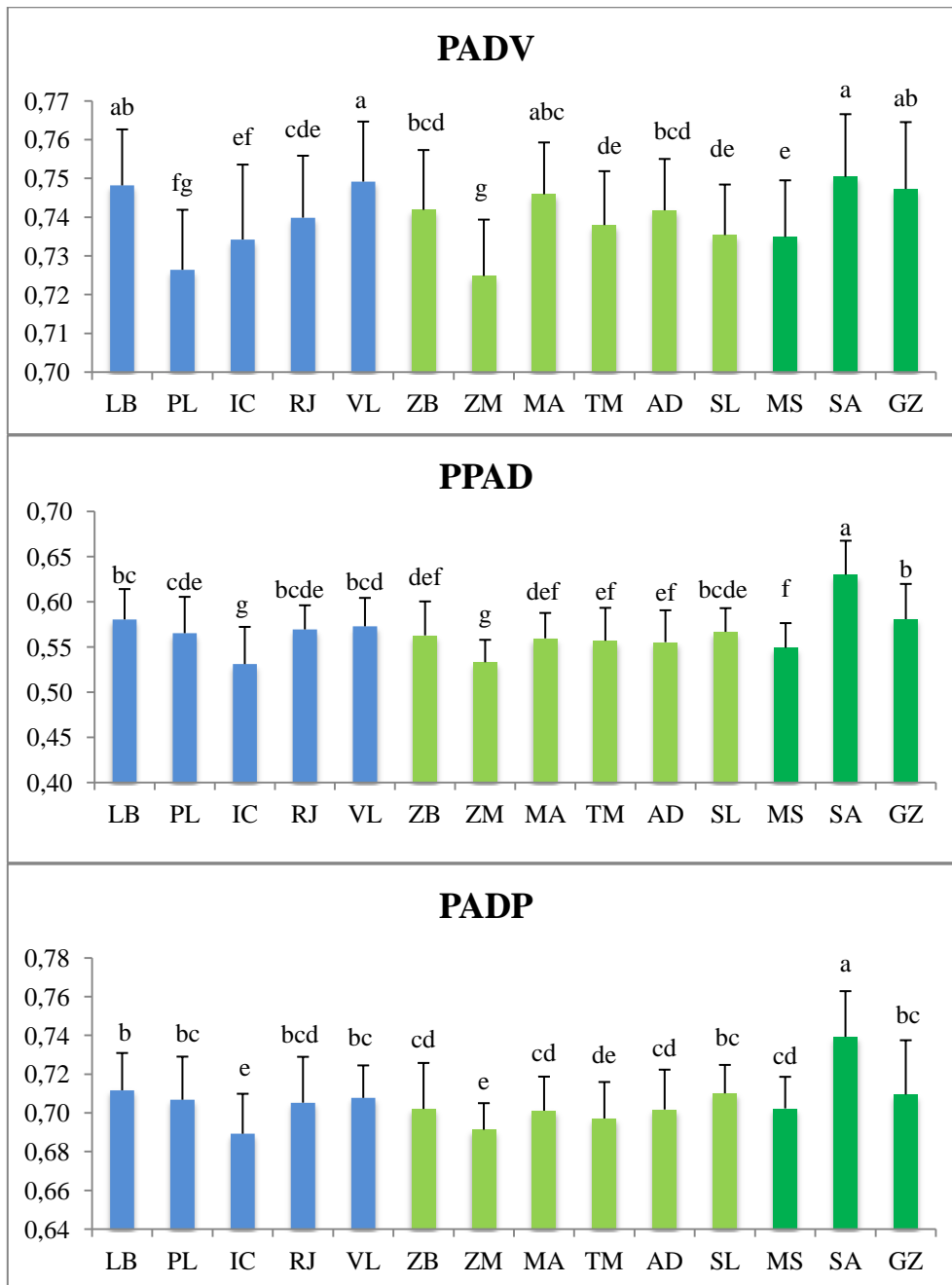
Udaljenost između prednjeg ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača i stražnjeg ruba ljuštore (PADP) bila je najveća kod jedinki s Mljeta, a najmanja kod jedinki s postaja Ičići i Zadar Marina. Između ostalih postaja nije se puno razlikovala (Slika 8).

Duljina otiska stražnjeg mišića zatvarača (PAD) bila je najveća na postajama Marina i Split, a najmanja na postaji Ičići (Slika 9).

Duljina otiska stražnjeg mišića retraktora (LPR) bila je najveća na postajama Gruž, Viktor Lenac i Seline, a najmanja na postaji Ičići. Najveće razlike zabilježene su na području sjevernog Jadrana, dok su rezultati za populacije sa srednjeg i južnog Jadrana bili slični (Slika 9).

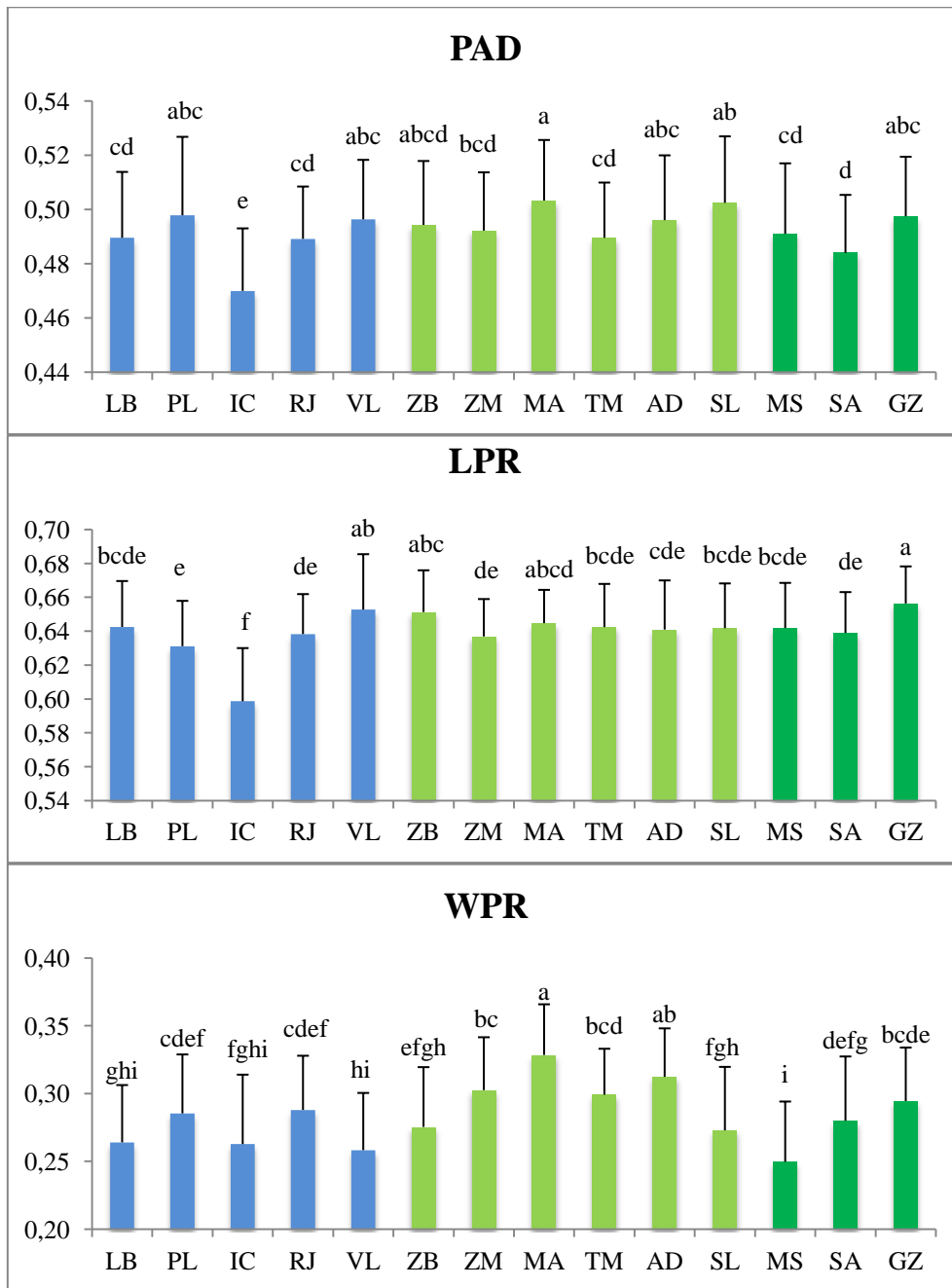
Širina otiska stražnjeg mišića retraktora (WPR) bila je najveća na postajama Marina i Adriavini, a najmanja na postajama Viktor Lenac i Mali Ston. Općenito je bila nešto veća na srednjem, nego na sjevernom i južnom Jadranu (Slika 9).

### 3. REZULTATI



**Slika 8.** Morfometrijska obilježja (sr. vr ± st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzetih u jesen 2013. godine određena digitalnom pomičnom mjerkom. Sve mjere izražene su u mm. Podatci za PADV (udaljenost od trbušnog ruba ljuštore do trbušnog ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača), PPAD (udaljenost između stražnjeg ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača i stražnjeg ruba ljuštore) i PADD (udaljenost između prednjeg ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača i stražnjeg ruba ljuštore). Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnoz zelena južnog Jadrana. (LB = Limski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

### 3. REZULTATI



**Slika 9.** Morfometrijska obilježja (sr. vr ± st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzetih u jesen 2013. godine određena digitalnom pomičnom mjerkom. Sve mjere izražene su u mm. Podatci za PAD (duljina otiska stražnjeg mišića zatvarača), LPR (duljina otiska stražnjeg mišića retraktora) i WPR (širina otiska stražnjeg mišića retraktora) logaritamski su transformirani i standardizirani na duljinu ljušture. Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnoz zelena južnog Jadrana. (LB = Limski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

### 3. REZULTATI

---

Udaljenost između trbušnog ruba otiska stražnjeg mišića retraktora i leđnog ruba ljuštore (VPR) bila je najveća na postajama Mljet, Zadar Marina i Gruž, a najmanja na postajama Ičići i Mali Ston. (Slika 10).

Udaljenost između prednjeg ruba otiska stražnjeg mišića retraktora i leđnog ruba ljuštore (DPR) nije se jako razlikovala među postajama i najveća je bila u Gružu i na Mljetu, a najmanja u Malom Stonu (Slika 10).

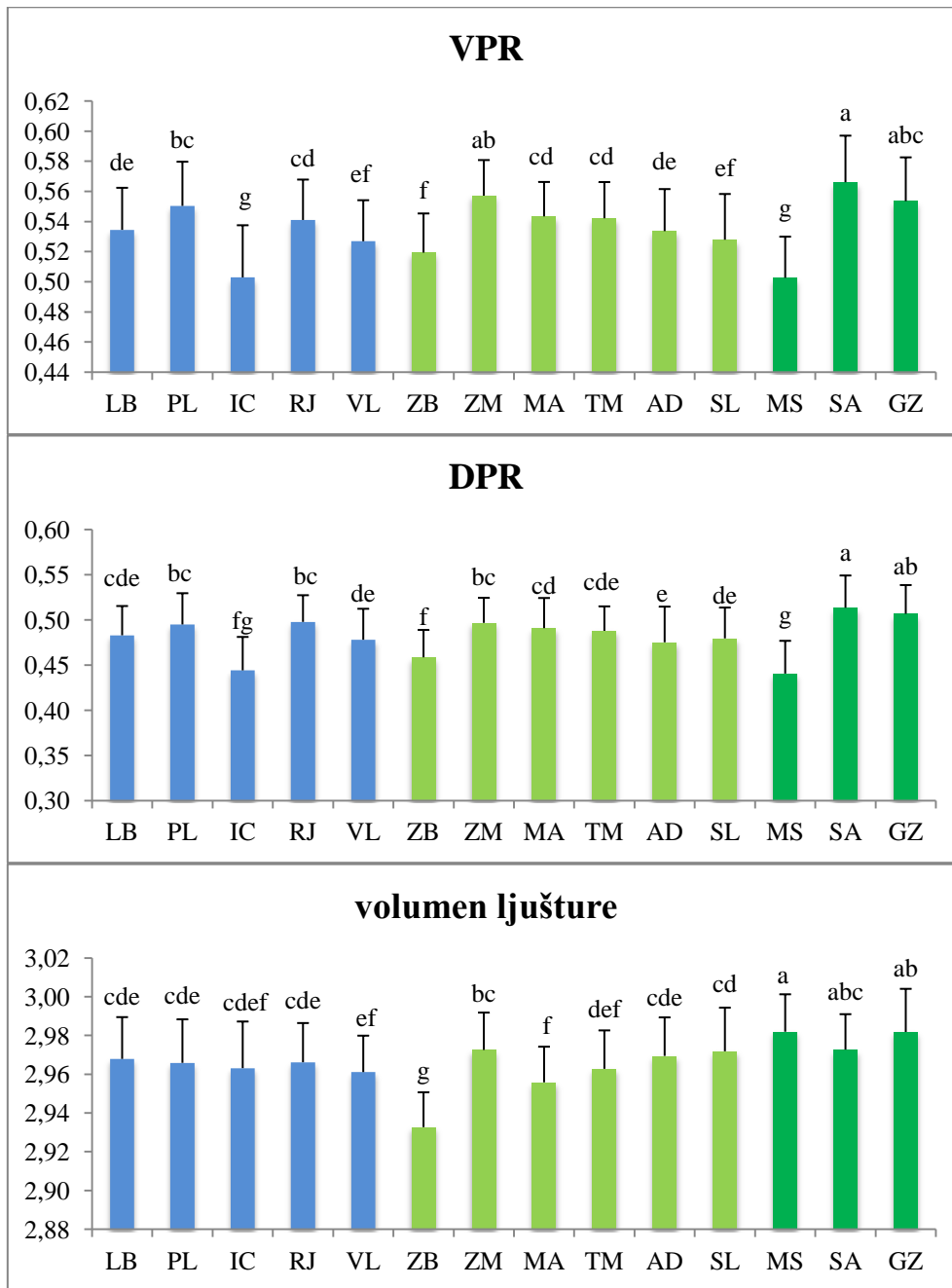
Najveći relativni volumen ljuštore zabilježen je za postaje Mali Ston, Mljet i Gruž, a najmanji za Seline. Postaje sjevernog Jadrana bile su međusobno vrlo slične, kao i postaje južnog Jadrana (Slika 10).

Kondicijski indeks 1 bio je najveći na postaji Ičići, a najmanji na postajama Viktor Lenac, Mljet i Gruž. Kondicijski indeks 2 bio je najveći na postajama Rijeka, Zadar Marina, Trogir Marina i Gruž, a najmanji na postaji Ičići. Pula, Limski Zaljev, Viktor Lenac, Adriavinil, Split i Mljet imale su veće kondicijske indekse od Selina, Marine i Malog Stona. Kondicijski indeks 3 izračunat je na osnovi mase jedinke bez mase plašta, u kojem su smještene gonade i izračunat je kako bi se ustanovilo utječe li rasplodni status jedinki na kondicijski indeks. Utvrdili smo visoku koreliranost ovog indeksa kondicije s kondicijskim indeksom 2, tako da je ustanovljeno da rasplodni status nema utjecaja na opće stanje i relativnu masu tkiva jedinki u jesen (Slika 11).

Kondicijski indeks 1 nije značajno korelirao s kondicijskim indeksom 2, što ukazuje na činjenicu da masa ljuštore ne ovisi izravno o duljini, odnosno starosti jedinke.

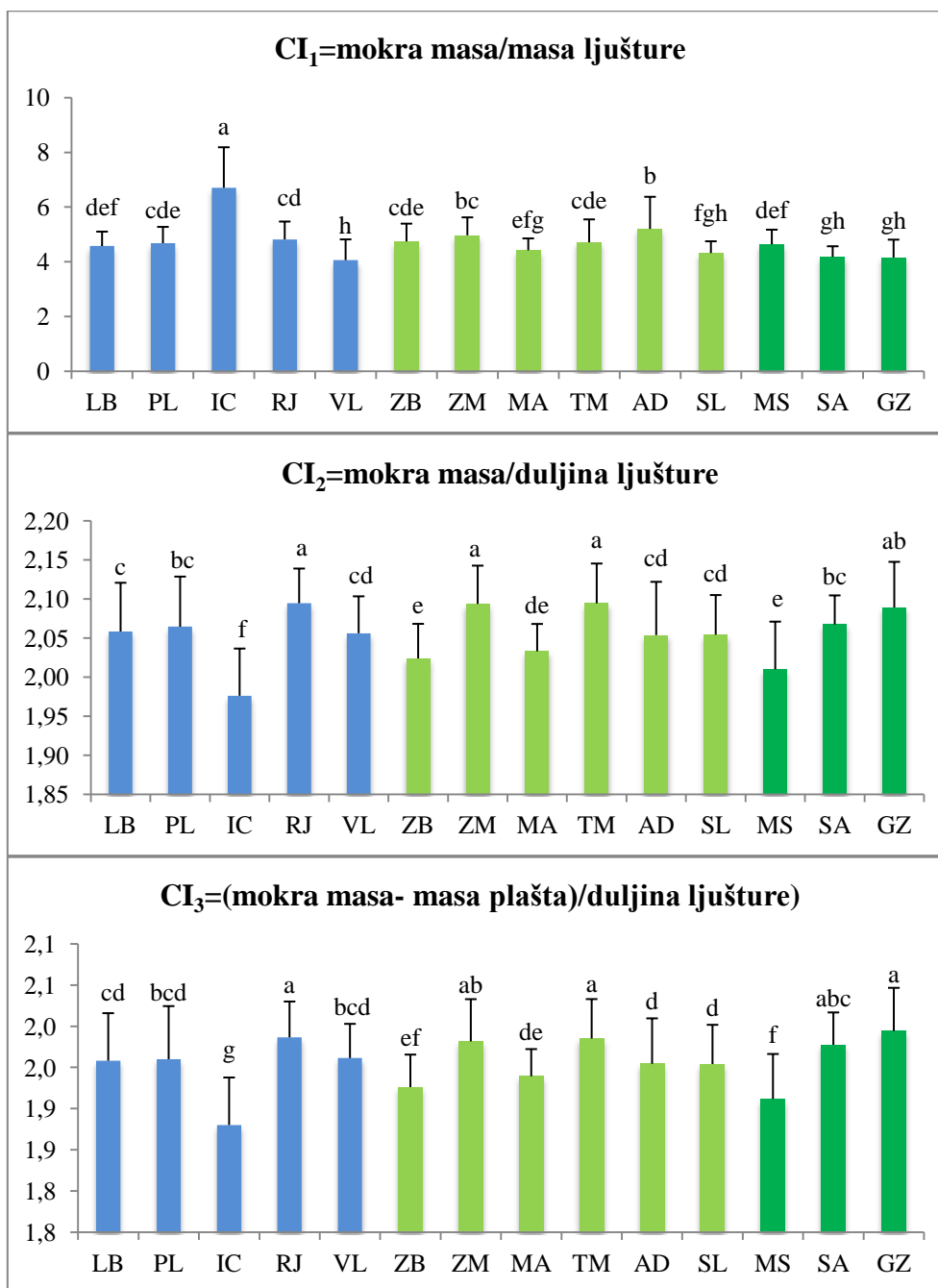


### 3. REZULTATI



**Slika 10.** Morfometrijska obilježja (sr. vr ± st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzetih u jesen 2013. godine određena digitalnom pomičnom mjerkom. Sve mjere izražene su u mm. Podatci za VPR (udaljenost između trbušnog ruba otiska stražnjeg mišića retraktora i leđnog ruba ljuštura), DPR (udaljenost između prednjeg ruba otiska stražnjeg mišića retraktora i leđnog ruba ljuštura) i volumen ljuštura logaritamski su transformirani i standardizirani na duljinu ljuštura. Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnozeleno južnog Jadrana. (LB = Linski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

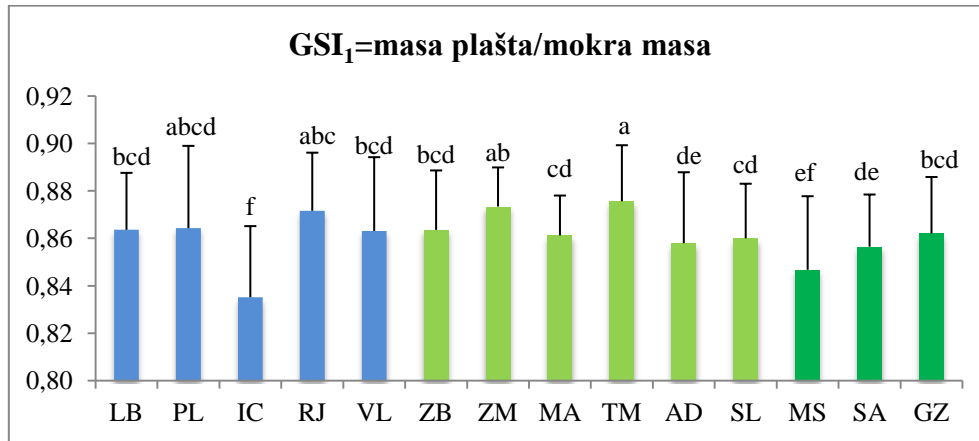
### 3. REZULTATI



**Slika 11.** Kondicijski indeksi (sr. vr ± st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzetih u jesen 2013. godine. Svi podatci su logaritamski su transformirani. Sve mase izražene su u gramima. Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnozeleno južnog Jadrana. (LB = Limski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavini, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

### 3. REZULTATI

Gonadosomatski indeks bio je najveći na postajama Trogir Marina, Zadar Marina, Rijeka i Pula, a najniži na postaji Ičići (Slika 12). Gonadosomatski indeks 2 (masa plašta/duljina ljušture) pokazao je slične rezultate.



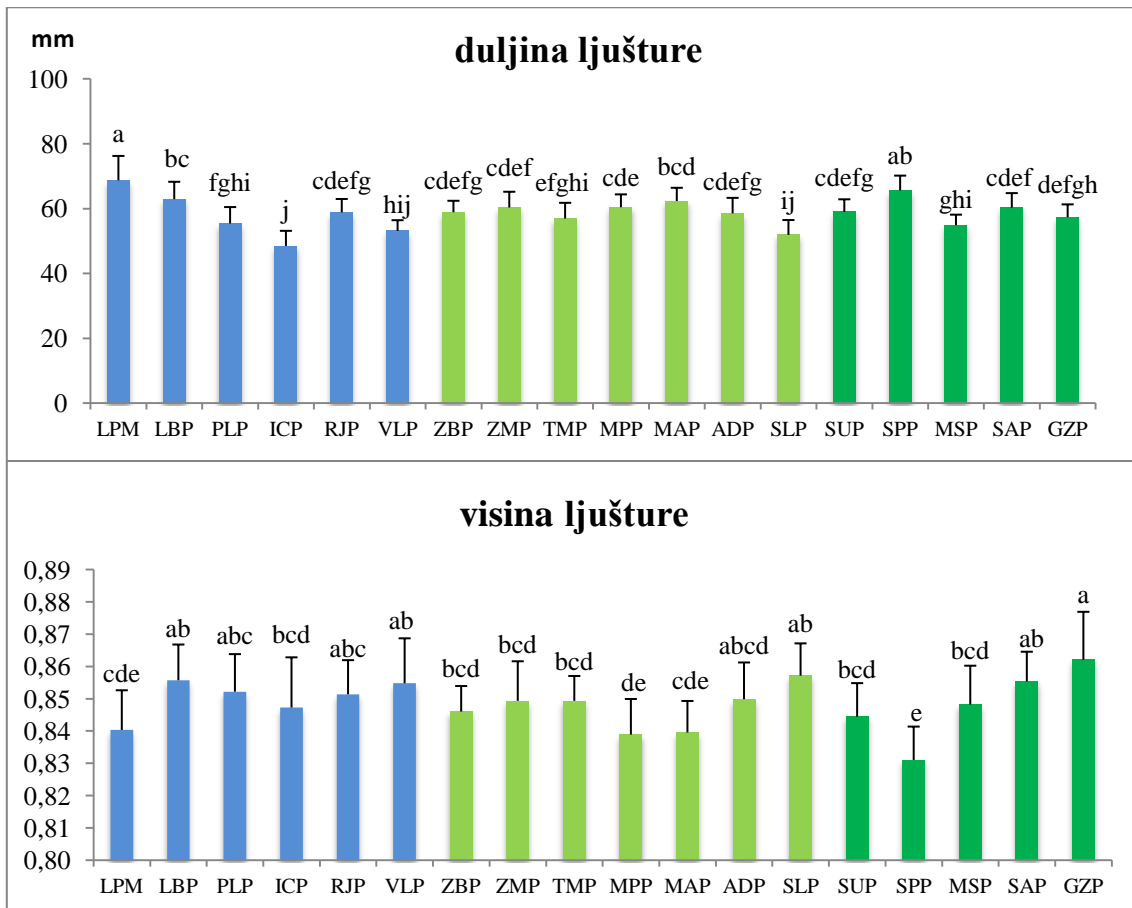
**Slika 12.** Gonadosomatski indeks (sr. vr±st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzetih u jesen 2013. godine. Svi podatci su logaritamski su transformirani. Sve mase izražene su u gramima. Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnozeleno južnog Jadrana. (LB=Limski zaljev, PL=Pula, IC=Ičići, RJ=Rijeka, VL=Viktor Lenac, ZB=Seline, ZM=Zadar Marina, MA=Marina, TM=Trogir Marina, AD=Adriavinil, SL=Split, MS=Mali Ston, SA=Mljet, GZ=Gruž).

#### 3.2. Morfometrijska obilježja populacija uzorkovanih u proljeće 2014. godine

Morfometrijska obilježja populacija dagnji u proljeće mjerena su na manjem uzorku (20–30 jedinki po populaciji). Najveća duljina ljuštore zabilježena je na postaji Limski zaljev–dagnje iz pergolara i na postaji Ston–dagnje iz pergolara, a nešto manja na nativnim dagnjama s postaje Limski zaljev. Najmanja duljina ljuštore bila je na postajama Viktor Lenac, Ičići, Split i Mali Ston (Slika 13).

Najveća relativna visina ljuštore zabilježena je na postaji Gruž, a nešto manja na postajama Mljet, Split, Viktor Lenac i Limski zaljev. Najmanja visina ljuštore izmjerena je za jedinke iz pergolara u Stonu, a nešto veća na postajama Limski zaljev–pergolari i Marina–nativne jedinke i pergolari. Visina ljuštore nativnih dagnji i dagnji s pergolara na postaji Marina gotovo se nije razlikovala, a na postajama Limski zaljev i Ston dagnje iz pergolara imale su značajno manju visinu ljuštore (Slika 13).

### 3. REZULTATI

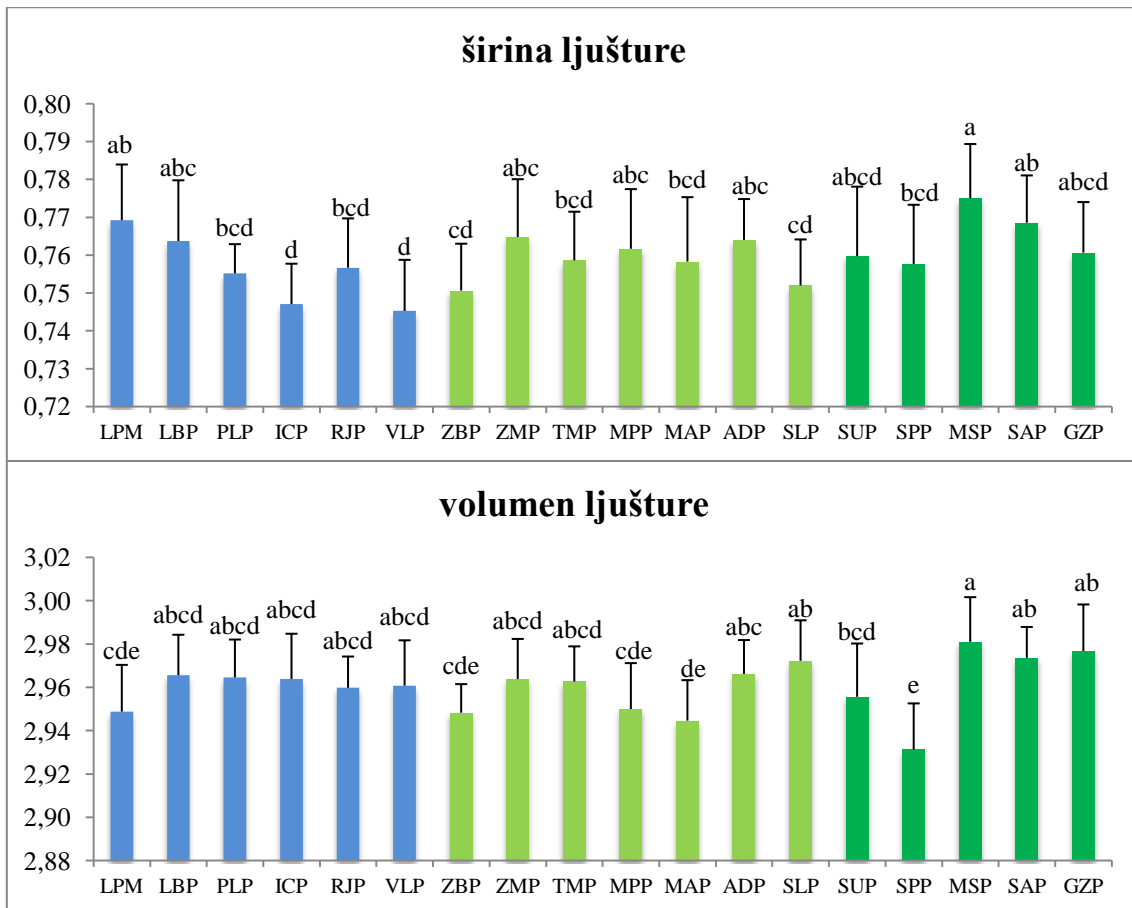


**Slika 13.** Morfometrijska obilježja (sr. vr ± st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzetih u proljeće 2014. godine određena digitalnom pomičnom mjerkom. Sve mjere izražene su u mm. Podatci za visinu ljuštore logaritamski su transformirani i standardizirani na duljinu ljuštore. Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnozeleno južnog Jadrana. (LBP = Limski zaljev, LPM = Limski Zaljev–pergolari, PLP = Pula, ICP = Ičići, RJP = Rijeka, VLP = Viktor Lenac, ZBP = Seline, ZMP = Zadar Marina, MPP = Marina–pergolari, MAP = Marina, TMP = Trogir Marina, ADP = Adriavinil, SLP = Split, SUP = Ston, SPP = Ston–pergolari, MSP = Mali Ston, SAP = Mljet, GZP = Gruž).

Najveća širina ljuštore zabilježena je za dagnje na postaji Mali Ston, a nešto manja na postaji Mljet i pergolarima u Limskom zaljevu. Najmanja duljina ljuštore bila je na postajama Ičići i Viktor Lenac, a nešto veća na postajama Seline i Split (Slika 14).

Najveći relativni volumen ljuštore bio je na postaji Mali Ston, a nešto manji na postajama Split, Mljet i Gruž. Najmanji volumen zabilježen je za dagnje iz pergolara na postaji Ston, a nešto veći kod nativnih dagnji u Marini i Selinama te iz pergolara u Limskom zaljevu i Marini. Na postajama Limski zaljev i Ston zabilježen je veći volumen ljuštore kod nativnih dagnji nego kod onih s pergolara. Dagnje iz pergolara u Limskom zaljevu i Marini imali su slične vrijednosti, dok je volumen onih iz pergolara u Stonu bio značajno niži (Slika 14).

### 3. REZULTATI

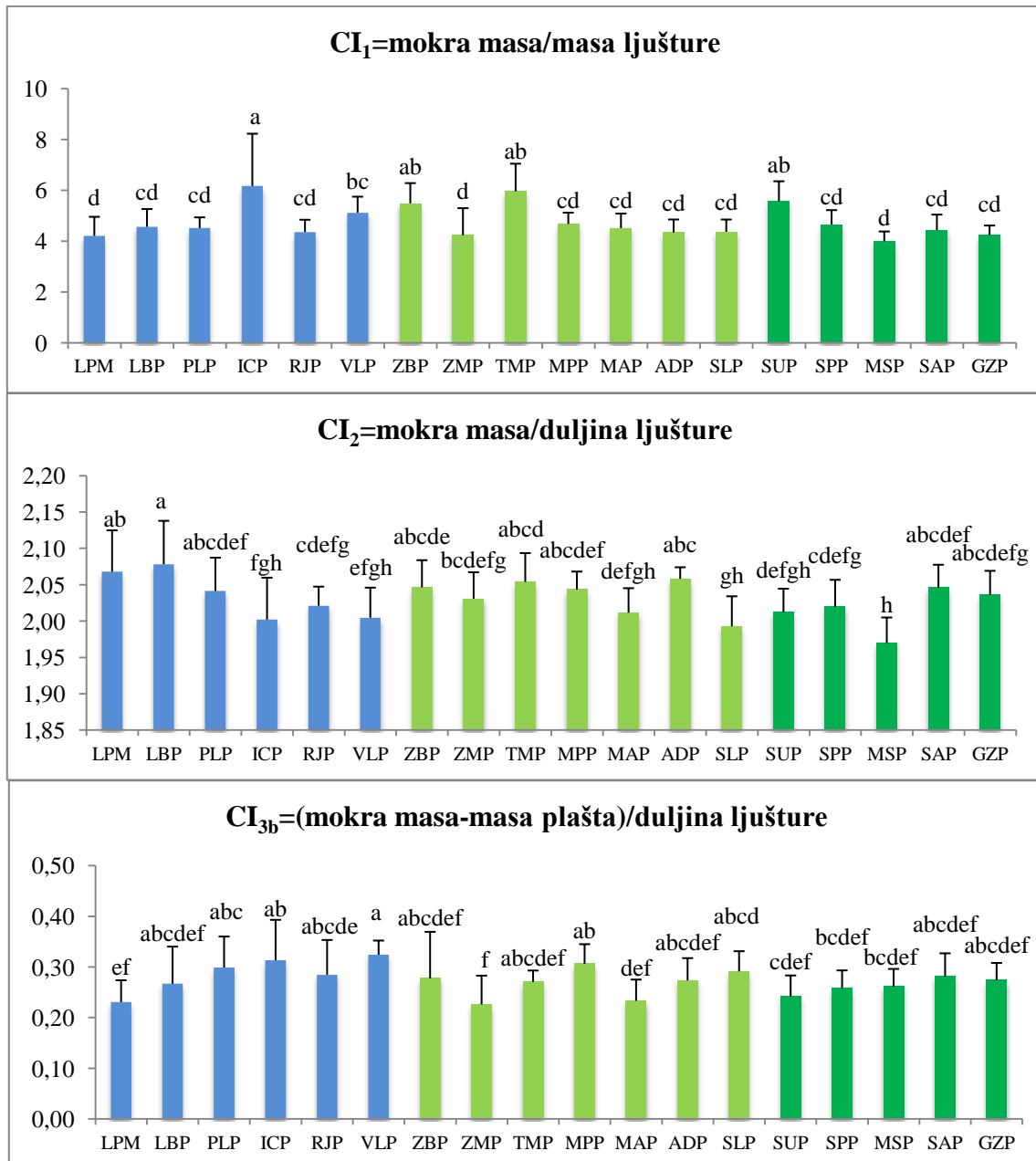


**Slika 14.** Morfometrijska obilježja (sr. vr ± st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzetih u proljeće 2014. godine određena digitalnom pomičnom mjerkom. Sve mjere izražene su u mm. Podatci za širinu i volumen ljuštore logaritamski su transformirani i standardizirani na duljinu ljuštore. Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnozelena južnog Jadrana. (LBP = Limski zaljev, LPM = Limski Zaljev–pergolari, PLP = Pula, ICP = Ičići, RJP = Rijeka, VLP = Viktor Lenac, ZBP = Seline, ZMP = Zadar Marina, MPP = Marina–pergolari, MAP = Marina, TMP = Trogir Marina, ADP = Adriavinil, SLP = Split, SUP = Ston, SPP = Ston–pergolari, MSP = Mali Ston, SAP = Mljet, GZP = Gruž).

Kondicijski indeks 1 bio je najveći kod dagnji s postaje Ičići, a nešto niži na postajama Trogir Marina i Ston–nativne jedinke. Dagnje s ostalih postaja imale su niže i međusobno slične vrijednosti. Kondicijski indeks 1 nativnih dagnji s postaje Ston bio je značajno veći nego kod dagnji s pergolara (Slika 15). Kondicijski indeks 2 bio je najveći na nativnim dagnjama i dagnjama s pergolara u Limskom zaljevu, a najniži u Splitu i Malom Stonu. Najveći kondicijski indeks od pergolara imale su dagnje na postaji Limski Zaljev, nešto niži na postaji Marina, a najniži u Stonu (Slika 15). Kondicijski indeks 3b bio je najveći na postajama Ičići i Marina–pergolari, a najniži na postajama Limski zaljev–pergolari i Zadar Marina. Najveći kondicijski indeks od dagnji s pergolara imala je Marina, zatim Ston i naposljetku Limski

### 3. REZULTATI

zaljev. Nativne jedinice u Limskom zaljevu imale su značajno veći kondicijski indeks od dagnji s pergolara, a na postaji Marina situacija je bila obrnuta (Slika 15). Kondicijski indeksi 2 i 3b nisu pokazali korelaciju, što znači da je spolno stanje jedinki u proljeće utjecalo na njihov kondicijski indeks.

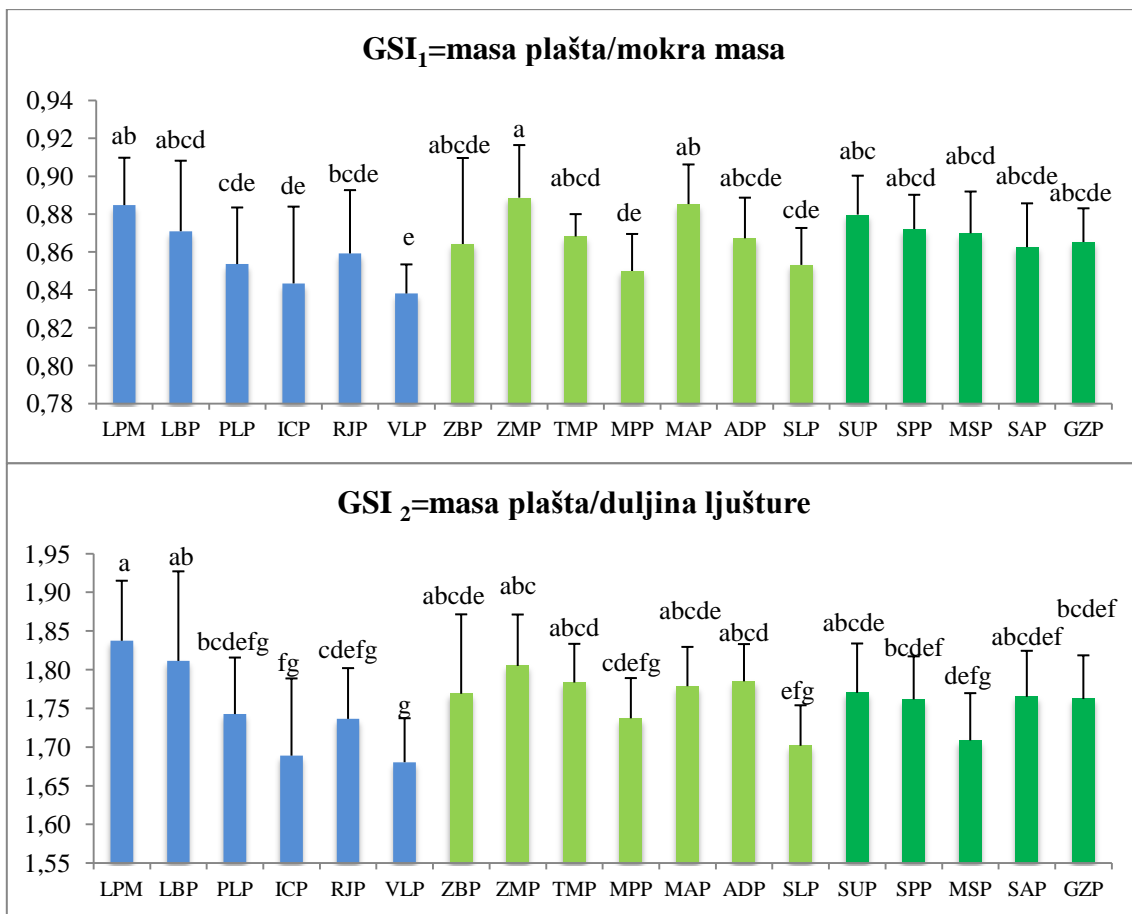


**Slika 15.** Kondicijski indeksi (sr. vr ± st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzetih u proljeće 2014. godine. Svi podatci su logaritamski transformirani. Sve mase izražene su u gramima. Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnozeleno južnog Jadrana. (LBP = Limski zaljev, LPM = Limski Zaljev–pergolari, PLP = Pula, ICP = Ičići, RJP = Rijeka, VLP = Viktor Lenac, ZBP = Seline, ZMP = Zadar Marina, MPP = Marina–pergolari, MAP = Marina, TMP = Trogir Marina, ADP = Adriavinil, SLP = Split, SUP = Ston, SPP = Ston–pergolari, MSP = Mali Ston, SAP = Mljet, GZP = Gruž).

### 3. REZULTATI

Gonadosomatski indeks je bio najveći kod dagnji s postaje Zadar Marina, nešto manji na postaji Limski Zaljev–pergolari i Marina–nativne jedinke, a najniži na postaji Viktor Lenac. Dagnje iz pergolara u Marini imale su puno niži kondicijski indeks od nativnih jedinki i ujedno najniži od svih pergolara (Slika 16).

Gonadosomatski indeks 2 pokazao je slične rezultate, osim što je vrijednost za dagnje s postaje Mali Ston bila dosta manja. Jedinke srednjeg i južnog Jadrana općenito su imale veće gonadosomatske indekse od jedinki sjevernog Jadrana (osim Limskog zaljeva) (Slika 16).



**Slika 16.** Gonadosomatski indeksi (sr. vr ± st. dev) nativnih populacija dagnji *M. galloprovincialis* uzetih u proljeće 2014. godine. Svi podatci su logaritamski transformirani. Sve mase izražene su u gramima. Različita slova označavaju statistički značajno različite postaje ( $p < 0,05$ ). Plava boja predstavlja postaje sjevernog, svijetlozelena srednjeg, a tamnozeleno južnog Jadrana. (LBP = Limski zaljev, LPM = Limski Zaljev–pergolari, PLP = Pula, ICP = Ičići, RJP = Rijeka, VLP = Viktor Lenac, ZBP = Seline, ZMP = Zadar Marina, MPP = Marina–pergolari, MAP = Marina, TMP = Trogir Marina, ADP = Adriavinil, SLP = Split, SUP = Ston, SPP = Ston–pergolari, MSP = Mali Ston, SAP = Mljet, GZP = Gruž).

### 3. REZULTATI

---

Usporedbom uzoraka uzetih u jesen s uzorcima iz proljeća utvrdili smo značajnu korelaciju između volumena ljuštore, visine i kondicijskog indeksa 4 (mokra masa/duljina ljuštore\*visina ljuštore) (Prilog 8).

#### **3.3. Rezultati diskriminantne analize provedene na populacijama uzorkovanim u jesen 2013. godine**

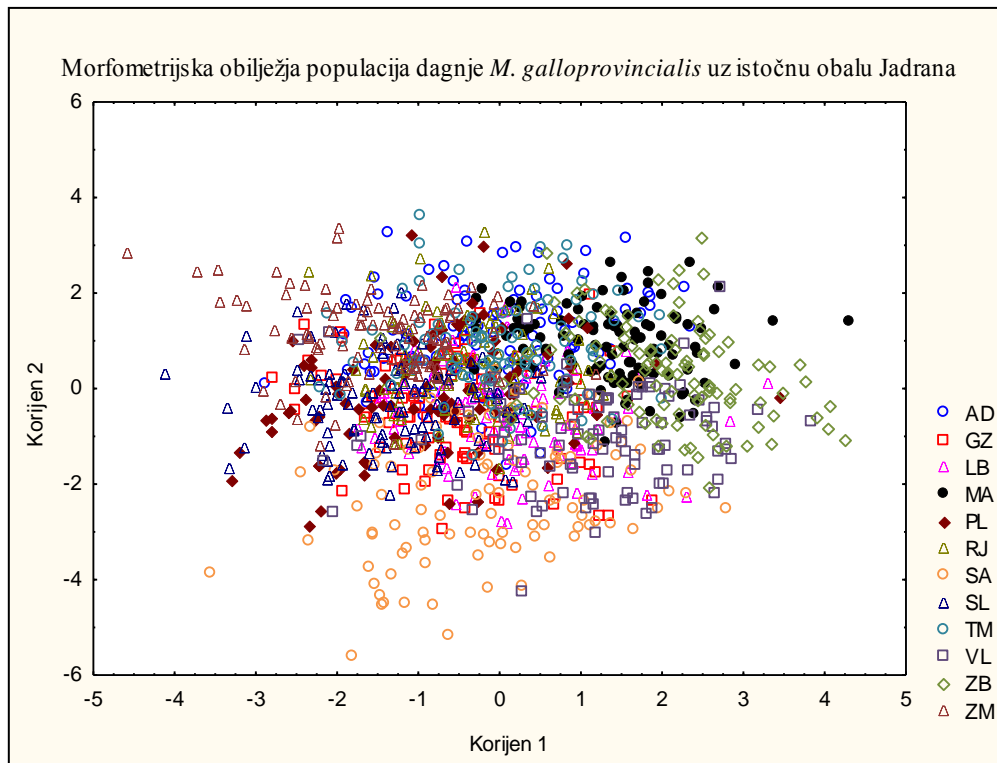
Populacije uzorkovane u jesen najviše su se razdvojile prema slijedećim morfometrijskim obilježjima: PPAD, volumen ljuštore, PADV i PAL (Prilog 4). To znači da su ta obilježja u najvećoj mjeri populacijski specifična. Od ukupnog broja jedinki, 55 % ih je točno pripojeno (klasificirano) u pripadajuću populaciju, od čega su najviši postoci točne klasifikacije u izvornu populaciju zabilježeni za postaje Makarska, Split i Seline (> 70 %), a najniži za Limski zaljev i Trogir Marinu (< 35 %) (Prilog 6). Nizak postotak klasificiranosti jedinki upućuje na njihovu slabu divergenciju od ostalih populacija prema predloženom diskriminantnom modelu. Za analizu nisu uzeti podatci za postaje Ičići i Mali Ston, jer je za te jedinice utvrđena znatno manja veličina od ostalih, što implicira i drugačiju morfometriju s obzirom na manju starost jedinki. Kako su se te jedinice razlikovale od većine drugih populacija za velik broj mjerenih obilježja, njihovim uključivanjem u diskriminantnu analizu dobili bi veliki naglasak na obilježja prema kojima se razlikuju te dvije populacije, a ne sve populacije zajedno.

Prema izračunu Mahalanobijskih udaljenosti (Prilog 5) postaja Mljet se jako razlikovala od čak 6 postaja: Marina i Seline (prethodno označene kao čiste), te Adriavnil, Split, Trogir Marina i Zadar Marina (prethodno označene kao onečišćene). Postaja Seline se osim spomenutog Mljeta jako razlikovala i od 4 postaje prethodno označenih kao nečiste: Gruž, Pula, Split i Zadar Marina. Postaja Zadar Marina se osim od spomenutih Selina razlikovala od još 2 čiste postaje (Marina i Mljet, te od jedne nečiste–Viktor Lenac). U analizi nisu uzete u obzir jedinice iz Ičića i Malog Stona.



### 3. REZULTATI

Na prikazu populacija svih regija istočnog Jadrana (Slika 17) vidljivo je da se populacije razdvajaju prema morfometrijskim obilježjima, te kondicijskim i gonadosomatskim indeksima, a osobito populacije Mljet i Zadar Marina.

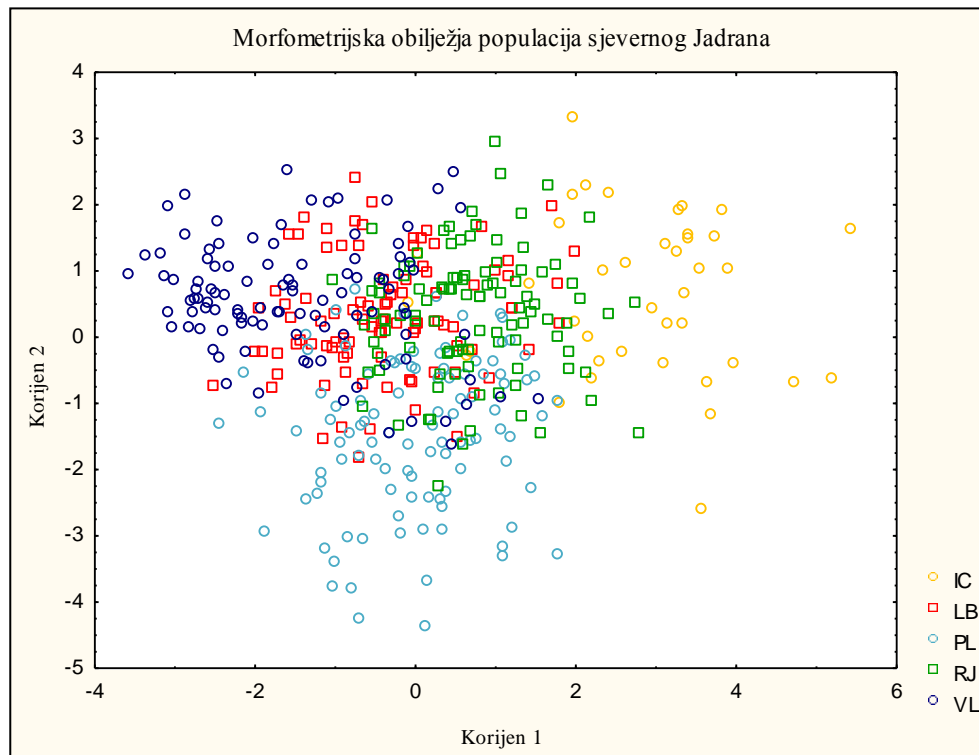


**Slika 17.** Kanonički prikaz diskriminantne analize provedene na morfometrijskim obilježjima 12 populacija dagnje *M. galloprovincialis* uzorkovanih u jesen 2013. godine uz istočnu obalu Jadrana. U analizu su uvršteni i kondicijski i gonadosomatski indeksi. (LB = Limski zaljev, PL = Pula, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, SA = Mljet, GZ = Gruž).

Radi jasnijeg prikaza populacije smo razdvojili na sjeverni, srednji i južni Jadran. Prikazani su rezultati analize morfometrijskih čimbenika, jer su se populacije malo bolje razdvojile, a rezultati su bili jako slični rezultatima koji uz morfometrijske čimbenike uključuju i kondicijske i gonadosomatske indekse.

### 3. REZULTATI

Na prikazu diskriminantne analize provedene na morfometrijskim obilježjima populacija sjevernog Jadrana, najviše su se izdvojili Ičići, Pula i Viktor Lenac, a Limski Zaljev i Rijeka nalazili su se u sredini prikaza i djelomično preklapali s ostalim populacijama (Slika 18).

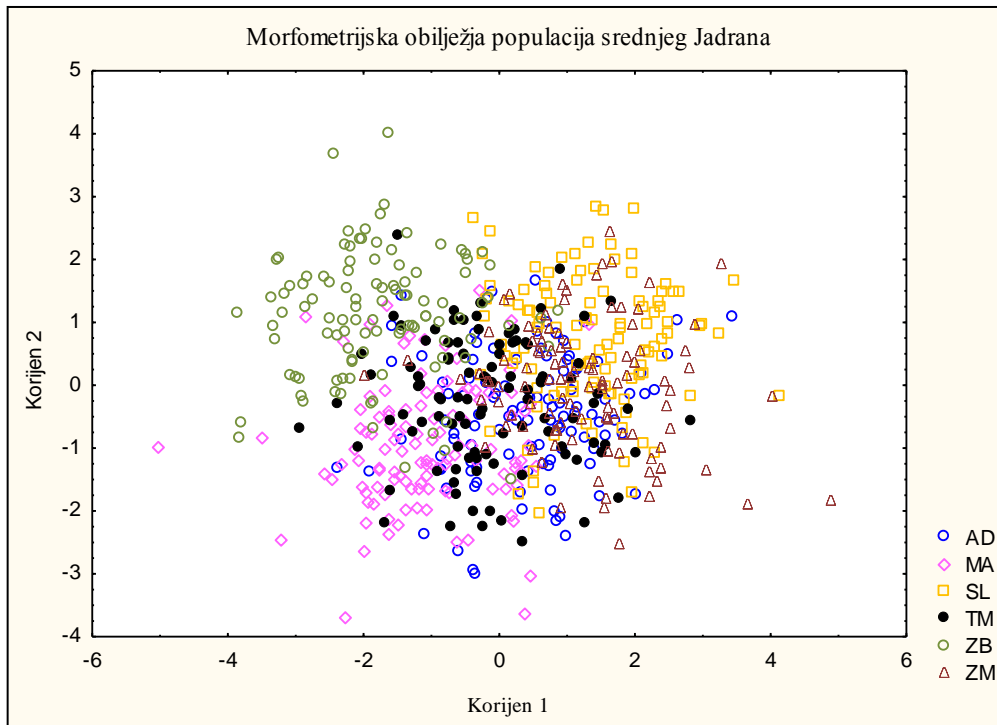


**Slika 18.** Kanonički prikaz diskriminantne analize provedene na morfometrijskim obilježjima jedinki dagnje *M. galloprovincialis* uzorkovanih u jesen 2013. godine uz istočnu obalu sjevernog Jadrana. (IC = Ičići, LB = Limski zaljev, PL = Pula, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac).

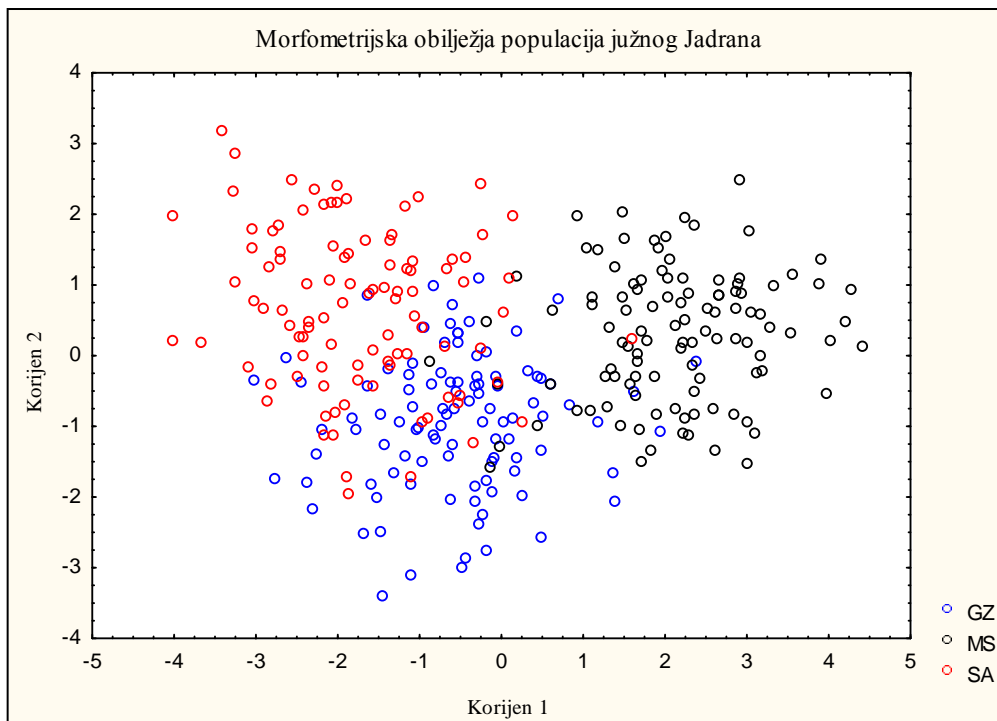
Na prikazu diskriminantne analize provedene na morfometrijskim obilježjima populacijama srednjeg Jadrana, najviše su se izdvojile Seline, Split i Marina (Slika 19).

Na prikazu diskriminantne analize provedene na morfometrijskim obilježjima populacijama južnog Jadrana, jedinke su uglavnom grupirane prema uzorkovanim populacijama (Slika 20).

### 3. REZULTATI



**Slika 19.** Kanonički prikaz diskriminantne analize provedene na morfolometrijskim obilježjima jedinki dagnje *M. galloprovincialis* uzorkovanih u jesen 2013. godine uz istočnu obalu srednjeg Jadrana. (AD = Adriavini, MA = Marina, SL = Split, TM = Trogir Marina, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina).

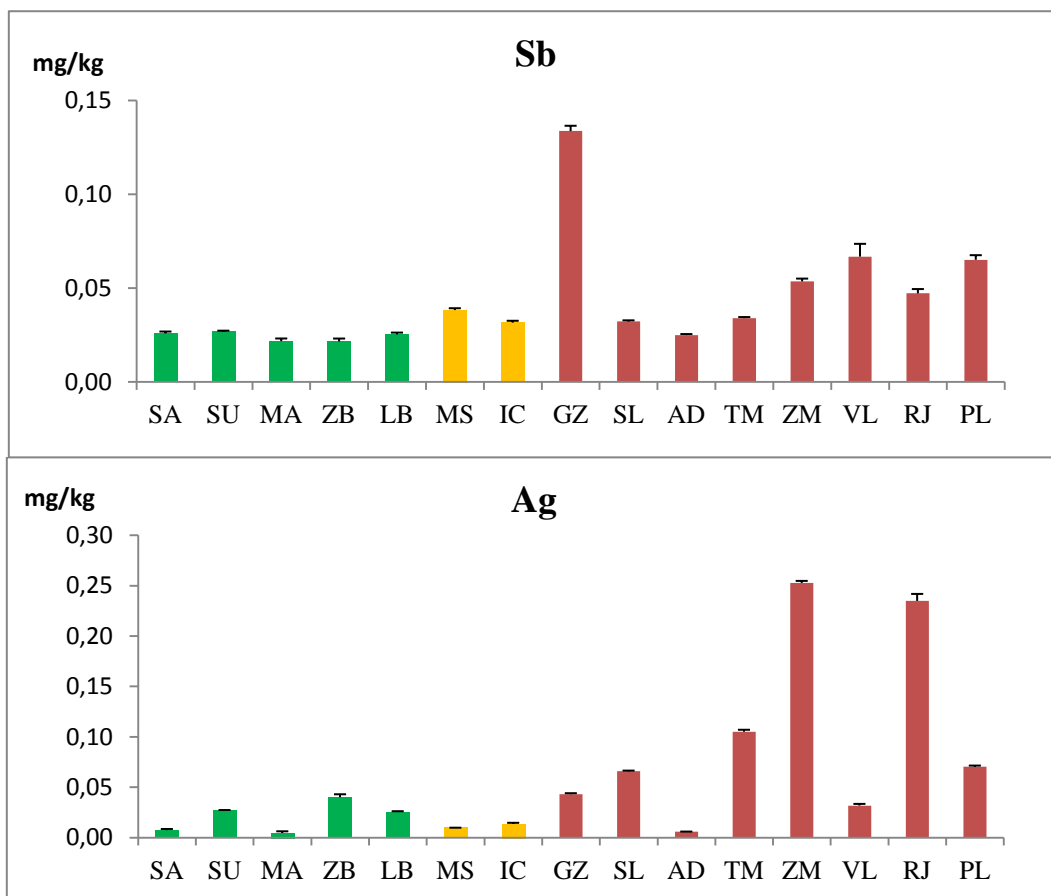


**Slika 20.** Kanonički prikaz diskriminantne analize provedene na morfolometrijskim obilježjima jedinki dagnje *M. galloprovincialis* uzorkovanih u jesen 2013. godine uz istočnu obalu južnog Jadrana. (GZ = Gruž, MS = Mali Ston, SA = Mljet).

### 3. REZULTATI

#### 3.4. Vrijednosti metala i metaloida u tkivu dagnji uzorkovanih u proljeće 2014. godine

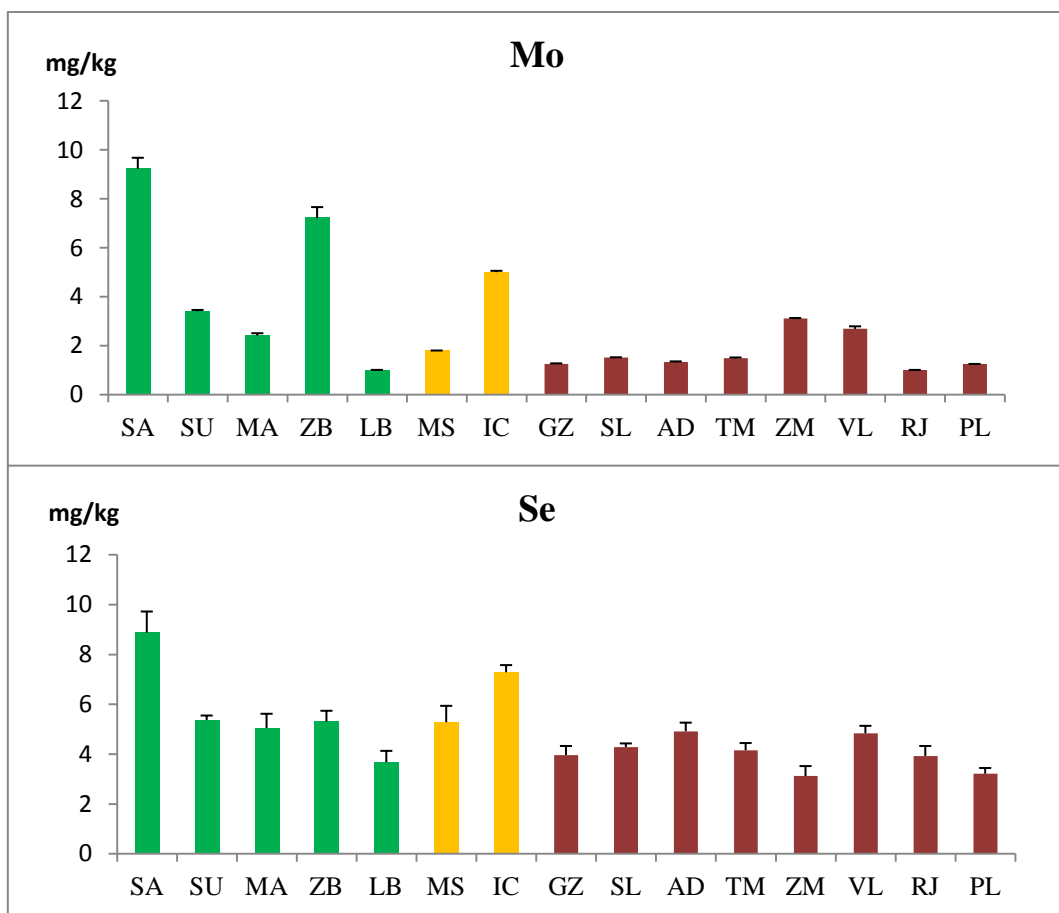
U sklopu ovog poglavlja prikazala sam samo rezultate za metale i metaloide čije su koncentracije korelirale s nekim od mjerenih morfometrijskih obilježja, dok su koncentracije ostalih metala i metaloida prikazane u Prilogu 1. Koncentracije antropogenih metala i metaloida bile su najveće na područjima prethodno određenim kao onečišćena (Prilog 1). Najveće koncentracije antimona utvrđene su u Gružu, a srebra u Zadar Marini i Rijeci (Slika 21). Postaja Zadar Marina prednjačila je i po utvrđenim koncentracijama olova, bizmuta, kositra, zinka, bakra i srebra. Visoke koncentracije olova također su utvrđene na postajama Viktor Lenac i Pula, kositra i cinka na postaji Viktor Lenac, srebra u Rijeci, kroma na postajama Ston i Viktor Lenac, kadmija na postajama Mali Ston i Viktor Lenac i nikla na postaji Viktor Lenac (Prilog 1).



**Slika 21.** Koncentracije antimona i srebra određene masenom spektrometrijom visoke rezolucije s induktivno spregnutom plazmom u uzorcima tkiva dagnji *M. galloprovincialis* sakupljenih na istraživanim postajama u proljeće 2014. godine. (LB = Limski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

### 3. REZULTATI

Koncentracije metala i metaloida koji se javljaju prirodno kao suspendirane čestice bile su uglavnom veće za postaje prethodno određene kao čiste. Najveću koncentraciju molibdena imale su postaje Mljet i Seline, a selenija postaja Mljet (Slika 22). Koncentracije kobalta, litija i željeza nisu pokazale koreliranost sa antropogenim opterećenjem postaja, ali malo veća vrijednost zabilježena je na postaji Viktor Lenac. Mangan i aluminij imali su veće vrijednosti na čistim postajama. Arsen, rubidij, stroncij i uran također nisu nađeni u većim koncentracijama na postajama s jakim antropogenim utjecajem (luke, marine...). Koncentracija titana bila je najveća na postajama Zadar Marina i Gruž, a koncentracija vanadija u Puli bila je čak 6 puta veća nego na prvoj idućoj postaji (Prilog 1).



**Slika 22.** Koncentracije molibdena i selenija određene masenom spektrometrijom visoke rezolucije s induktivno spregnutom plazmom u uzorcima tkiva dagnji *M. galloprovincialis* sakupljenih na istraživanim postajama u proljeće 2014. godine. (LB = Linski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavini, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

### 3. REZULTATI

---

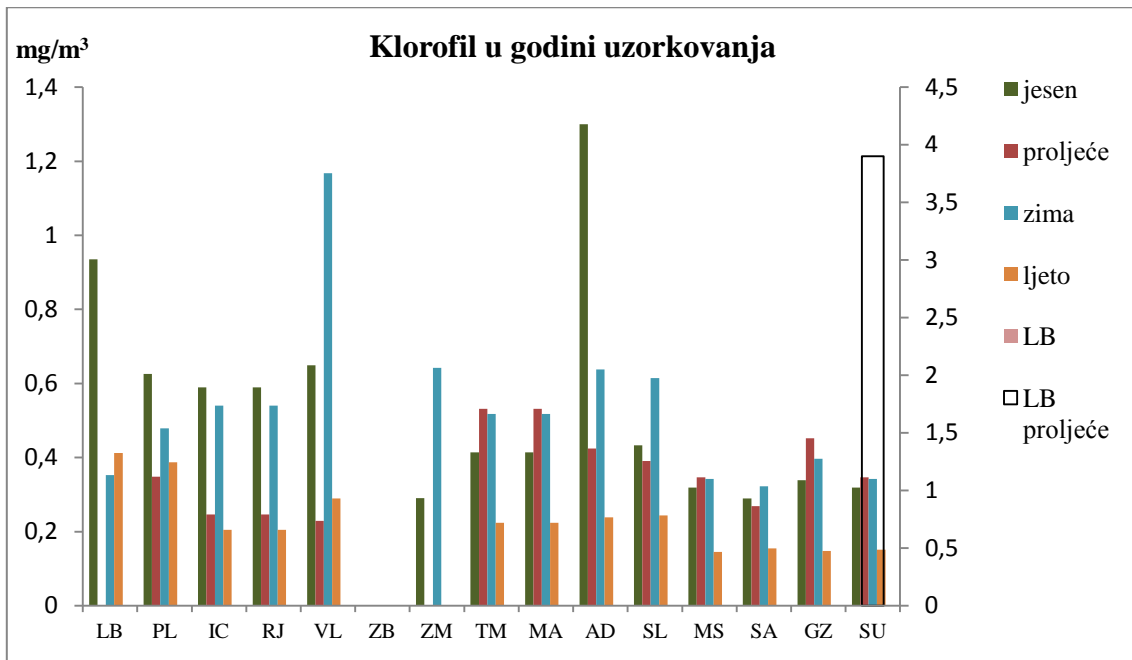
Prema pravilniku o najvećoj dopuštenoj količini kontaminanata u hrani (NN 46/2007), regulirane su najveće dozvoljene koncentracije u tkivu školjkaša za arsen, kadmij i olovo. Koncentracije su izražene u mg/kg mokre mase, pa smo ih preračunali u mg/kg suhe mase radi usporedbe s našim podacima (suha masa=12 % mokre mase). Svi rezultati bili su ispod najveće dozvoljene koncentracije (NDK), osim olova u Zadar Marini (14,05 mg/kg, a NDK iznosi 12,5 mg/kg).

#### **3.5. Klimatski i drugi ekološki čimbenici**

Najveća vrijednost koncentracije klorofila u jesen (Slika 23) zabilježena je za postaju Adriavnil, a najmanja za postaju Zadar Marina. Uz iznimku Adriavinila, postaje srednjeg i južnog Jadrana imale su manje vrijednosti klorofila od sjevernog. U proljeće je najveća vrijednost bila na postaji Limski zaljev (radi velikih vrijednosti prikazana na desnoj osi y), nakon toga na postajama Trogir Marina i Marina, a najmanja na postajama Ičići, Rijeka i Viktor Lenac. Moguće je da je zbog manje gustoće podataka u bazi za to područje došlo do greške u uzimanju podataka za Limski zaljev u proljeće. Najveća vrijednost u zimu bila je na postaji Viktor Lenac, najmanja u Malom Stonu, Stonu i na Mljetu. Južni Jadran je ukupno imao najmanje vrijednosti. Najveće vrijednosti u ljeto imao je sjeverni Jadran, osobito Limski zaljev, potom srednji i na kraju južni.

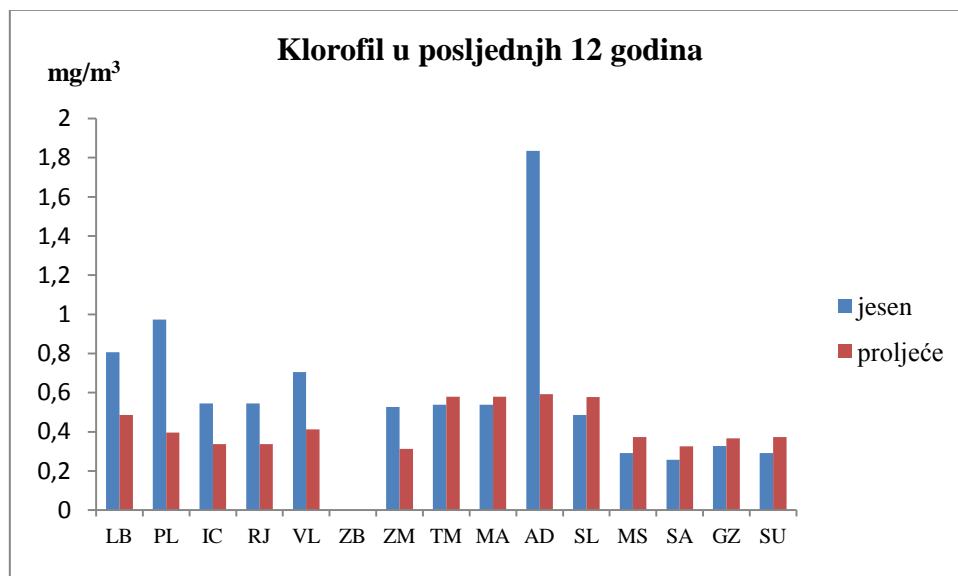
Postaje Limski zaljev, Pula i Adriavinil, imale su najveće vrijednosti u jesen, Viktor Lenac, Zadar Marina i Split u zimu, Rijeka i Ičići slične i najveće vrijednosti za jesen i zimu, Trogir Marina i Marina slične i najveće vrijednosti za proljeće i jesen, Mljet, Mali Ston, Ston i Gruž slične i najveće vrijednosti za jesen, zimu i proljeće. Najmanje vrijednosti na svim postajama bile su u ljeto, osim Pule i Viktora Lenca gdje su malo manje bile u proljeće.

### 3. REZULTATI



**Slika 23.** Vrijednosti klorofila u ljetto i jesen 2013., zimu 2013./2014. i proljeće 2014. godine preuzete iz internetske baze podataka Ocean Color. (LB = Linski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

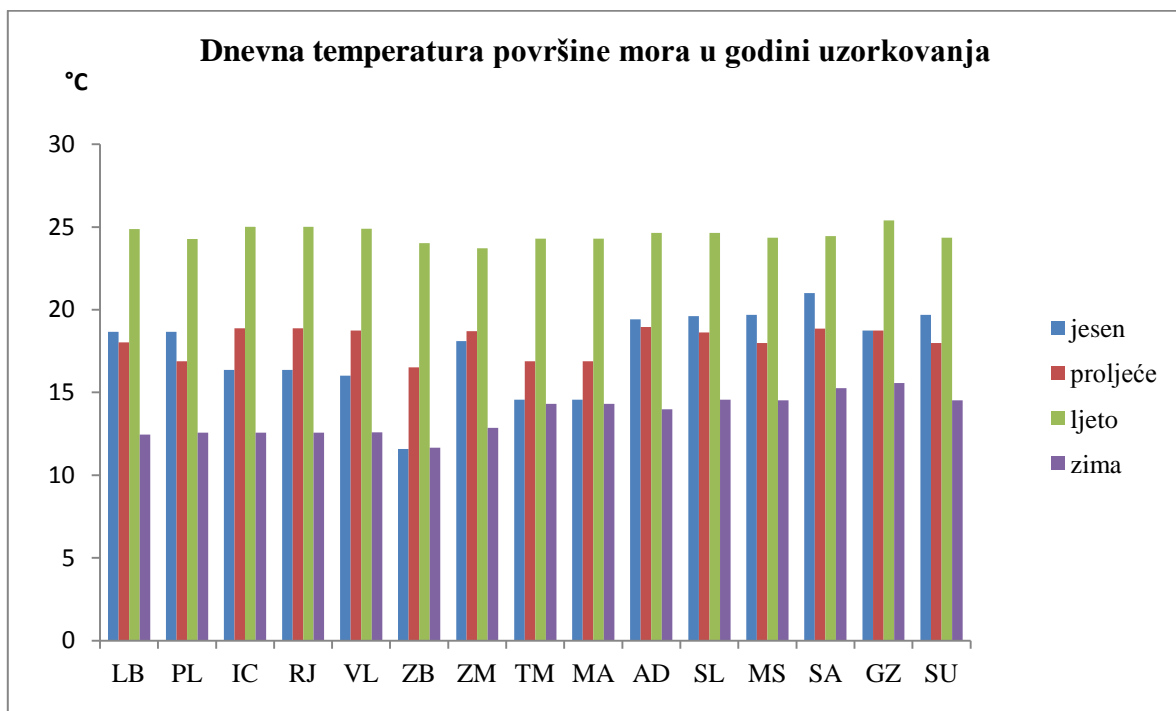
Ako uzmemo u obzir dvanaestogodišnji prosjek vrijednosti za jesen i proljeće (Slika 24), sjeverni Jadran imao je više klorofila u jesen, kao i postaje Zadar Marina i Adriavinil, a ostatak srednjeg i južni Jadran u proljeće.



**Slika 24.** Vrijednosti klorofila u jesen i proljeće u posljednjih 12 godina preuzete s internetske baze podataka Ocean Color. (LB = Linski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

### 3. REZULTATI

Dnevna temperatura mora (Slika 25) bila je najniža zimi, i to na postajama Seline i Zadar Marina, a potom rasla prema jugu. Najviša ljetna temperatura bila je u Gružu te na sjevernom Jadranu, osim u Puli, a najniža ponovno u Selinama i Zadar Marini. Temperatura mora u proljeće bila je najniža u Selinama, Puli, Trogir Marini i Marini, a na ostalim postajama bila je viša od 18 °C. U proljeće temperatura je bila najniža u Selinama, Trogir Marini i Marini, a najviše temperature bile su na jugu. Adriavinil i južnije postaje imale su nešto više temperature u jesen nego u proljeće, kao i Limski zaljev i Pula. Ostale postaje imale su više temperature u proljeće.

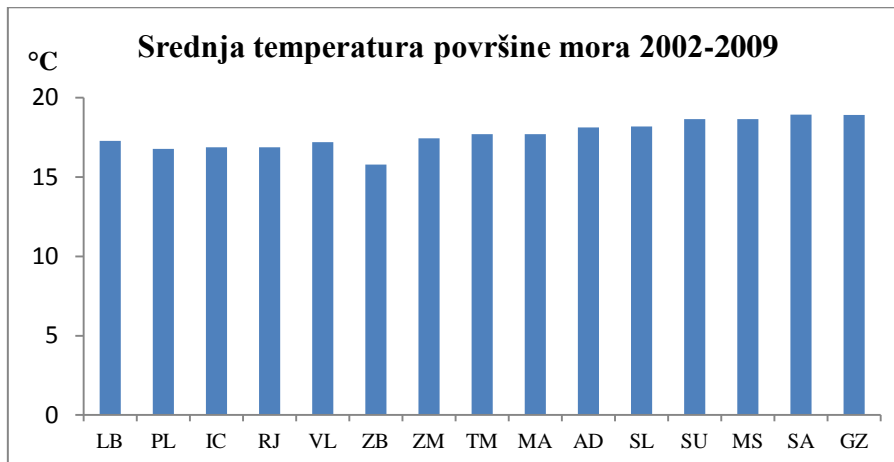


**Slika 25.** Dnevna temperatura površine mora u ljeto i jesen 2013., zimu 2013./2014. i proljeće 2014. godine preuzeta s internetske baze podataka Ocean Color. (LB = Limski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

Sedmogodišnji prosjek srednje temperature površine mora pokazuje porast temperature prema jugu, a vidljiva je i najniža temperatura na postaji Seline (Slika 26). Slično je zabilježeno i za temperaturu zraka (Prilog 7).



### 3. REZULTATI



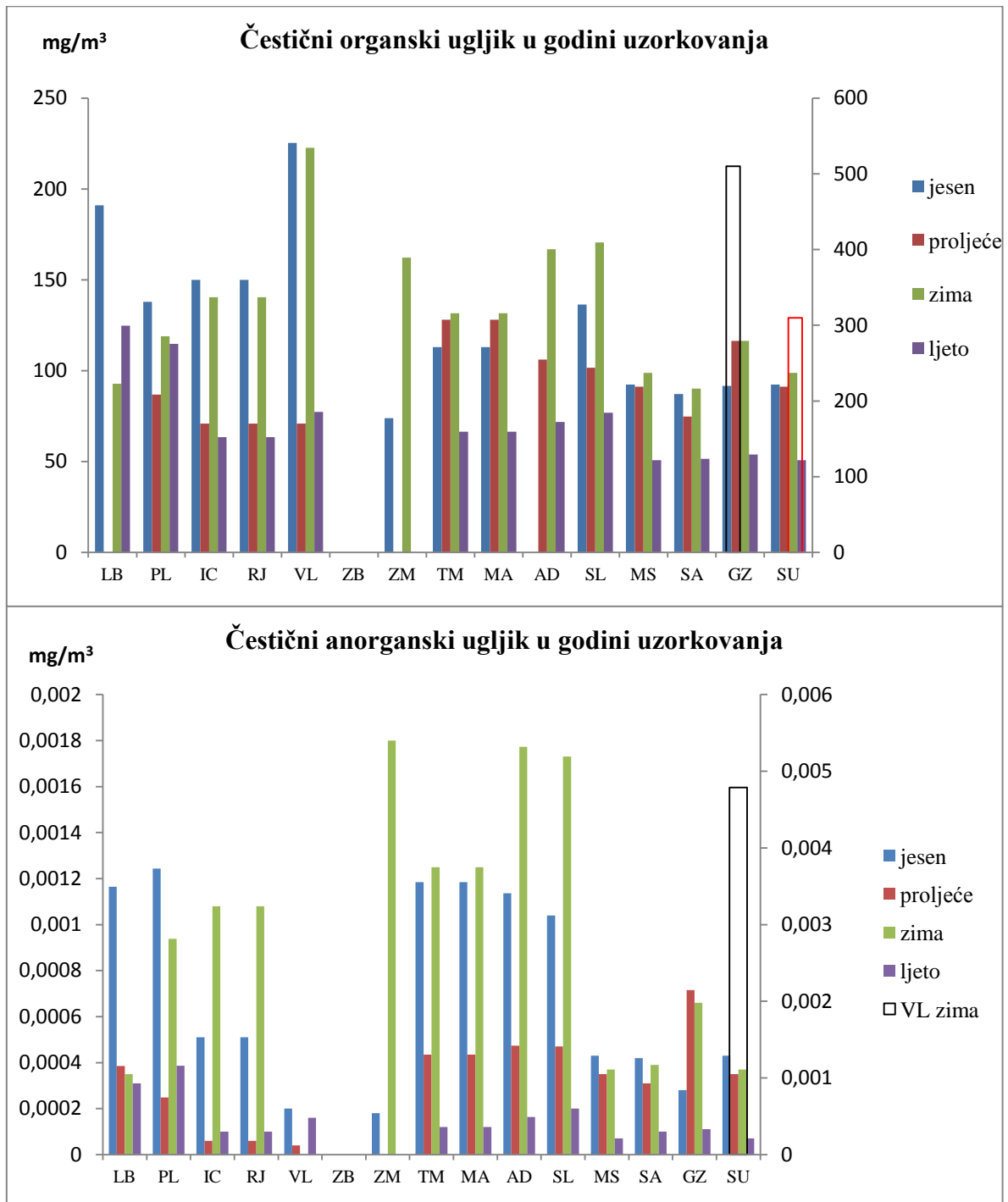
**Slika 26.** Srednja vrijednost temperature površine mora 2002.–2009. godine, preuzeta s internetske baze podataka Bio–Oracle. (LB = Limski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

Najviše anorganskog ugljika imao je srednji Jadran u zimu, Limski zaljev, Pula i Viktor Lenac u jesen te ostatak sjevernog Jadrana u zimu, a najmanje anorganskog ugljika zabilježeno je za sve postaje u ljeto. Sjeverni i srednji Jadran imali su puno više anorganskog ugljika u jesen, a južni podjednake vrijednosti ili čak veće u proljeće. Sjeverni Jadran imao je najviše vrijednosti organskog ugljika u jesen, te dosta visoke vrijednosti u zimu, a Limski Zaljev i Pula i u ljeto. Srednji Jadran imao je najviše vrijednosti u zimu, a južni podjednake vrijednosti za sva godišnja doba osim ljeta. Sjeverni Jadran imao je puno više organskog ugljika u jesen, a srednji i južni podjednake vrijednosti ili čak veće u proljeće (osim postaje Split) (Slika 27).

Moguće je da je zbog slabije gustoće podataka u bazi došlo do greške u uzorkovanju podataka organskog ugljika za Limski zaljev u proljeće i Adriavinil u jesen, te anorganskog ugljika za Viktor Lenac u zimu.

Najveće vrijednosti otopljenog kisika zabilježene su na postajama Seline i Zadar Marina, a najmanje na južnom Jadranu. Sjeverni Jadran imao je najveće vrijednosti pH, potom južni i na kraju srednji. Najmanje vrijednosti saliniteta zabilježene su na postajama Limski zaljev i Pula. Sjeverni Jadran imao je niže vrijednosti od srednjeg i Južnog, a od postaja na srednjem Jadranu, Seline i Zadar Marina imale su nešto niže vrijednosti. Najviše kalcita imale su postaje Limski zaljev, Pula i Adriavinil. Ostatak sjevernog i južni Jadran imale su najmanje vrijednosti (Prilog 7).

### 3. REZULTATI



**Slika 27.** Vrijednosti organskog i anorganskog ugljika u ljeto i jesen 2013., zimu 2013./2014. i proljeće 2014. godine na promatranim postajama. (LB = Limski zaljev, PL = Pula, IC = Ičići, RJ = Rijeka, VL = Viktor Lenac, ZB = Seline, ZM = Zadar Marina, MA = Marina, TM = Trogir Marina, AD = Adriavinil, SL = Split, MS = Mali Ston, SA = Mljet, GZ = Gruž).

### 3. REZULTATI

---

#### **3.6. Korelacije između morfometrijskih obilježja populacija i koncentracije metala, metaloida, klimatskih te drugih ekoloških čimbenika na postajama**

Utvrđena je značajna pozitivna korelacija između temperature mora i volumena ljuštore u jesen i proljeće iz obje korištene baze (Bio–Oracle i Ocean Color) (Slika 28). Osim temperature mora, i najniža temperatura zraka u listopadu korelirala je s volumenom ljuštore u jesen (Prilog 2), a najniža temperatura zraka u ožujku s volumenom u proljeće (Prilog 3). S istim parametrima korelirala je i visina ljuštore u jesen, a širina ljuštore je uz to korelirala i s temperaturom mora u ljeto 2013. godine. Korelaciju s ovim parametrom utvrdili smo i za PPAD (udaljenost između stražnjeg ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača i stražnjeg ruba ljuštore (Prilog 2).

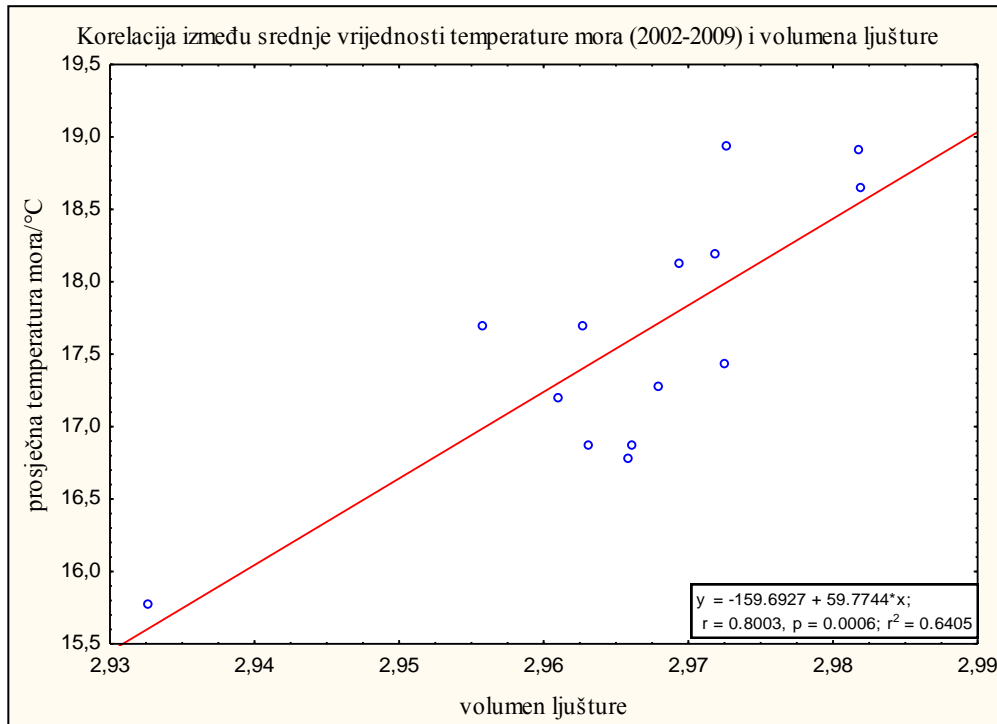
Visina ljuštore u proljeće korelirala je pozitivno s temperaturom površine mora u ljeto 2013. godine (Prilog 2), a širina ljuštore u proljeće s temperaturama mora i zraka te negativno s koncentracijom klorofila i čestičnim organskim i anorganskim ugljikom u zimu 2013. godine (Prilog 3).

Širina ljuštore (Slika 29), PADP (udaljenost između prednjeg ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača i stražnjeg ruba ljuštore) i PPAD (udaljenost između stražnjeg ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača i stražnjeg ruba ljuštore) u jesen pokazale su snažnu negativnu korelaciju u otopljenim kisikom (Prilog 2).

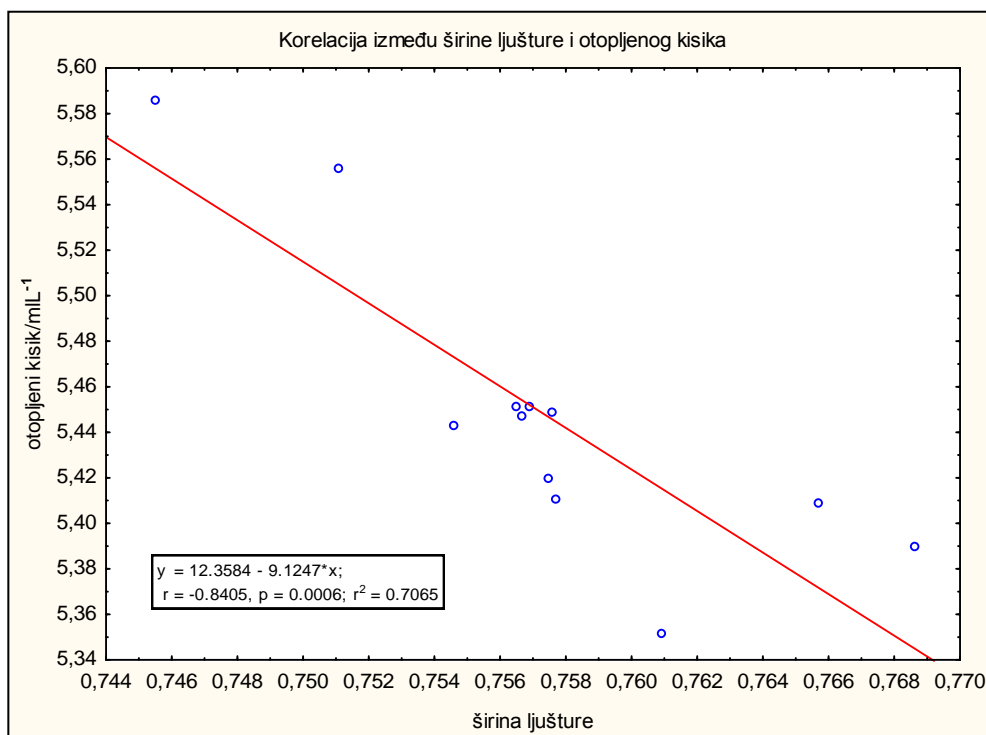
DPR (udaljenost između prednjeg ruba otiska stražnjeg mišića retraktora i leđnog ruba ljuštore) i VPR (udaljenost između trbušnog ruba otiska stražnjeg mišića retraktora i leđnog ruba ljuštore) u jesen pokazale su visoku negativnu korelaciju s koncentracijom klorofila u proljeće 2002.–2014. godine (Slika 30). Gotovo ista korelacija dobivena je s DPR u jesen i koncentracijom čestičnog organskog ugljika u jesen 2013. godine te u proljeće 2003.–2014. godine. WPR (širina otiska stražnjeg mišića retraktora), DPR i VPR u jesen korelirale su pozitivno s temperaturama mora u jesen (Prilog 2).

Utvrđena je pozitivna korelacija između klorofila iz obje baze (Bio–Oracle i Ocean Color) i kondicijskog indeksa 1 u jesen, kondicijskog indeksa 3 u jesen i temperature mora (Slika 31) i zraka (Prilog 2) te kondicijskog indeksa 2 u proljeće i jesen i temperature mora (Prilozi 2 i 3). Kondicijski indeks 3 u jesen pokazao je negativnu korelaciju s klorofilom, a indeksi 2 i 3 u jesen s čestičnim organskim ugljikom u jesen (Prilog 2).

### 3. REZULTATI

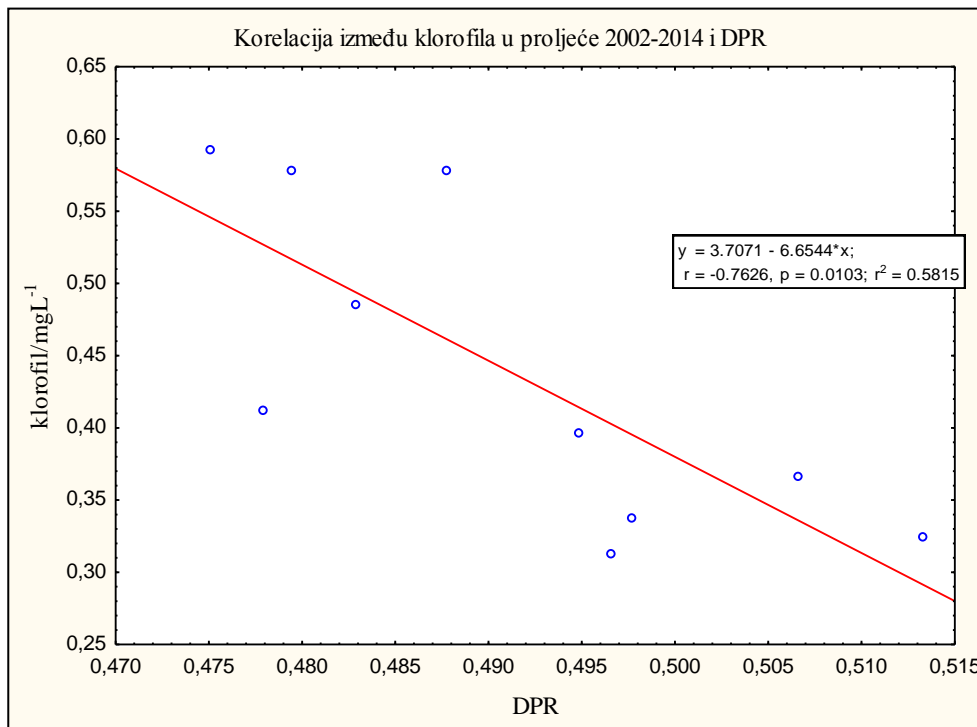


**Slika 28.** Korelacija između srednje vrijednosti temperature mora 2002.–2009. i volumena ljuštore u jesen. Podatci za volumen ljuštore standardizirani su logaritamski i na duljinu ljuštore.

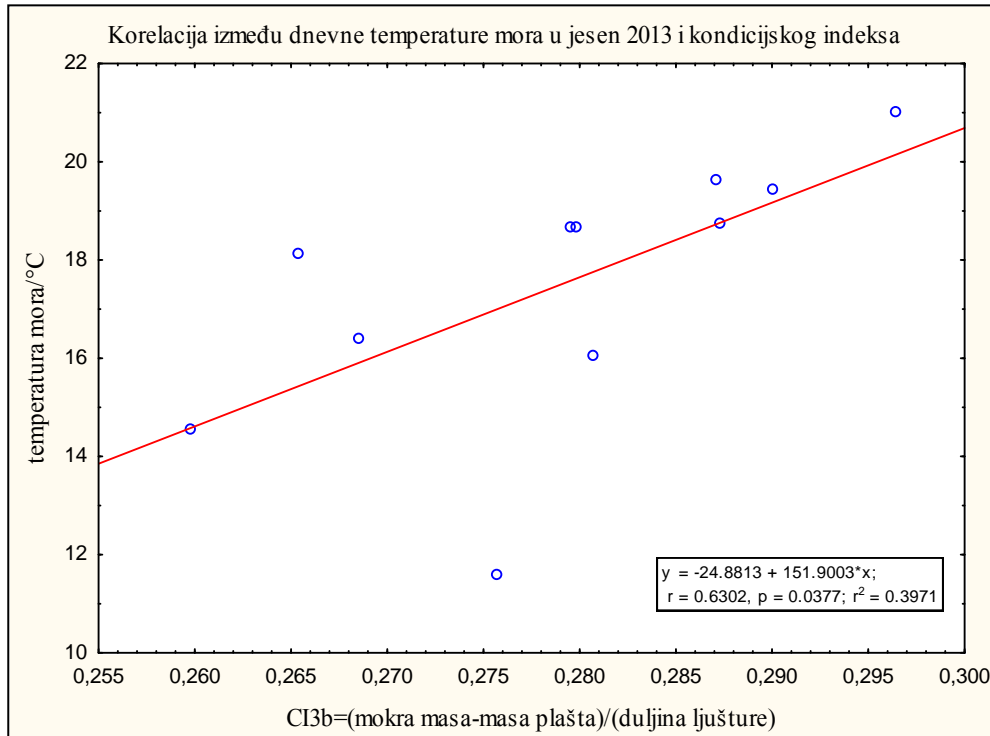


**Slika 29.** Korelacija između srednje vrijednosti otopljenog kisika 1898.–2009. i širine ljuštore u jesen 2013. Podatci za širinu ljuštore standardizirani su logaritamski i na duljinu ljuštore. Nisu uzeti u obzir podatci za postaje Ičići i Mali Ston.

### 3. REZULTATI



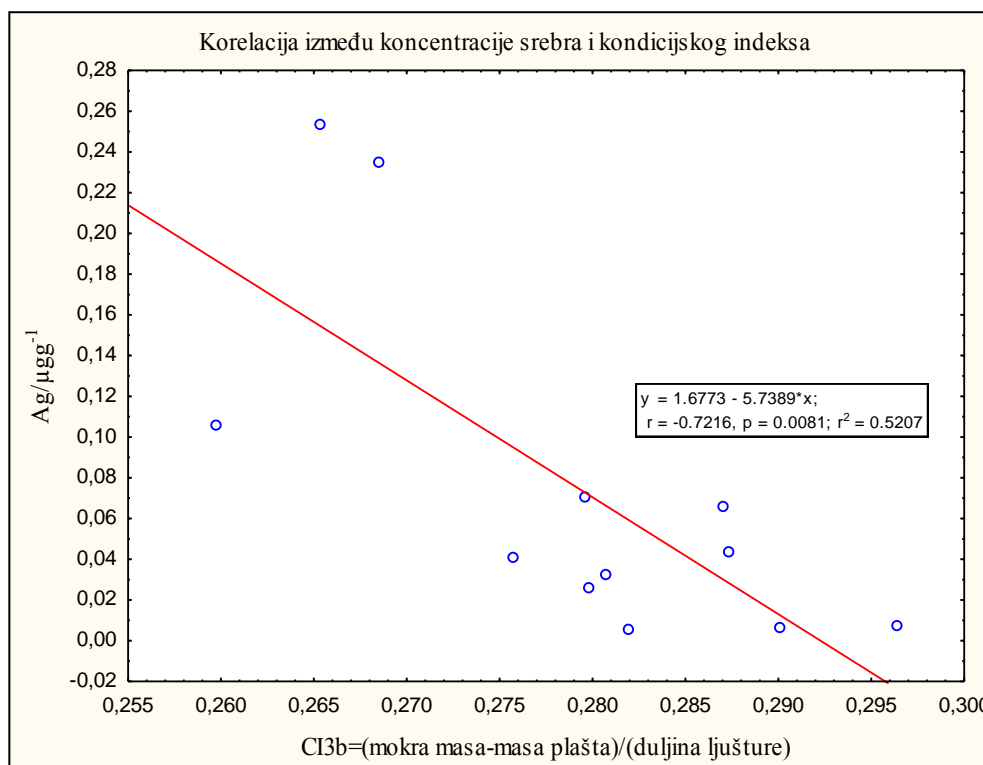
**Slika 30.** Korelacija između klorofila u proljeće 2002–2014 i DPR (udaljenost između prednjeg ruba otiska stražnjeg mišića retraktora i leđnog ruba ljušture u jesen). Podatci za DPR standardizirani su logaritamski i na duljinu ljušture. Nisu uzeti u obzir podatci za postaje Ičići i Mali Ston.



**Slika 31.** Korelacija između dnevne temperature mora u jesen 2013. i kondicijskog indeksa. Podatci za mase i duljinu ljušture logaritamski su transformirani. Sve mase izražene su u gramima. Nisu uzeti u obzir podatci za postaje Ičići i Mali Ston.

### 3. REZULTATI

Od teških metala i metaloida, utvrđena je negativna korelacija srebra i kondicijskog indeksa 3 u jesen (Slika 32) te litija i kondicijskog indeksa 3 u proljeće (Prilog 3), a pozitivna korelacija selenija i kondicijskog indeksa 3 u jesen (Prilog 2). Za gonadosomatski indeks u jesen rezultati su bili obrnuti. Kondicijski indeks 1 u jesen negativno je korelirao s niklom i kobaltom, a u proljeće pozitivno s manganom i rubidijem (Prilozi 2 i 3).



**Slika 32.** Korelacija između koncentracije srebra i kondicijskog indeksa. Podatci za mase i duljinu ljuštore logaritamski su transformirani. Sve mase izražene su u gramima. Nisu uzeti u obzir podatci za postaje Ičići i Mali Ston.

### 3. REZULTATI

---

Bizmut, srebro, molibden i selenij negativno su korelirali s duljinom ligamenta u jesen, VPR (udaljenost između trbušnog ruba otiska stražnjeg mišića retraktora i leđnog ruba ljuštore) i DPR (udaljenost između prednjeg ruba otiska stražnjeg mišića retraktora i leđnog ruba ljuštore) u jesen s kadmijem, manganom i arsenom, a pozitivno sa stroncijem. LPR (duljina otiska stražnjeg mišića retraktora) u jesen korelirala je pozitivno s niklom i manganom, a PADV (udaljenost od trbušnog ruba ljuštore do trbušnog ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača) u jesen s niklom i kobaltom. PADP (udaljenost između prednjeg ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača i stražnjeg ruba ljuštore) i PPAD (udaljenost između stražnjeg ruba otiska stražnjeg mišića zatvarača i stražnjeg ruba ljuštore) u jesen pozitivno su korelirale sa selenijem, a negativno s TBT (Prilog 2).

Volumen ljuštore i visina u jesen negativno su korelirali s manganom i arsenom, volumen u jesen pozitivno sa srebrom, a visina u jesen i proljeće s antimonom. Pozitivna korelacija utvrđena je između duljine ljuštore u jesen i nikla, mangana i kobalta, a u proljeće litija (Prilozi 2 i 3).

### 4. RASPRAVA

#### Morfometrijska obilježja

Populacije za koje smo u sklopu ovog istraživanja sakupili najmanje, odnosno najmlađe jedinke (Mali Ston i Ičići) općenito su imale drugačiju morfometriju od ostalih populacija. Innes i Bates (1999) su primijetili da dagnje koje pripadaju manjem veličinskom razredu imaju širi nepravilniji oblik, a one koje pripadaju većem izduženiji oblik. Naši rezultati za najmlađe populacije u skladu su s time, uzevši u obzir da su najmlađe jedinke imale značajno manju duljinu ljuštore od svih ostalih populacija, ali im se visina nije statistički značajno razlikovala od čak nekoliko postaja sa starijim jedinkama.

U radu McDonalda i sur. (1991), morfometrijska obilježja koja u najvećoj mjeri razdvajaju jedinke tri vrste roda *Mytilus* koje obitavaju u sjevernoj hemisferi su duljina prednjeg zatvarača i širina umba. Pretpostavljamo da su upravo zato što omogućuju razlikovanje vrsta, sva takva obilježja u spomenutom radu do neke mjere genetski uvjetovana. U našem radu ta obilježja nisu mjerena, ali populacije su se najviše razlikovale prema položaju stražnjeg zatvarača. Nismo našli značajne korelacije ovog obilježja s ekološkim čimbenicima, što bi moglo značiti da je i to obilježje do neke mjere genetski uvjetovano. Činjenica da nisu iste jedinke/populacije imale najveću dužinu, širinu i visinu ljuštore upućuje na različiti oblik jedinki iz različitih populacija. Da su sve populacije istog oblika, iste bi populacije imale najveću širinu, visinu i duljinu ljuštore. Različitost između morfometrijskih obilježja populacija u proljeće i jesen može se pripisati razlici u broju uzorkovanih jedinki (100 u jesen, 20–30 u proljeće), slučajnosti u uzorkovanju specifične subpopulacije na mikrolokaciji te ponekad sezonskim razlikama, posebice u slučaju kondicijskih i gonadosomatskih indeksa. Morfometrijska obilježja koja su pokazala korelaciju između istih populacija u proljeće i jesen (volumen i visina ljuštore) mogu se smatrati stabilnom značajkom populacije, koja ne ovisi u velikoj mjeri o sezoni uzorkovanja, kao ni mikrolokaciji uzrokovanja.

Seed (1968) je utvrdio da su dagnje s obala zaštićenih od valova bile više od dagnji s obala koje su izložene valovima, možda zbog toga što dagnje izložene valovima smanjenjem visine pokušavaju smanjiti utjecaj hidrodinamičke sile. To je jedan od mogućih razloga male visine koju smo zabilježili kod dagnji u Selinama te veće visine na nekima od postaja koje su na zaštićenom mjestu. I veća duljina otiska stražnjeg mišića aduktora (PAD) mogla bi imati veze



## 4. RASPRAVA

---

s jačinom valova, ali i nešto većim brojem predatora zabilježenim na tom području (Valladares i sur. 2010).

Reimer (1999) je utvrdio da su dagnje u prisutnosti zvjezdače razvile relativno veće gonade u odnosu na dagnje u kontrolnoj skupini. U našem istraživanju jedinke sakupljene u proljeće na lokalitetima Limski zaljev, Ston i Seline, za koje imamo saznanja od uzgajivača dagnji o visokom broju predatora (u prvom redu komarča, *Sparus aurata*) imale su relativno veliki gonadosomatski indeks.

Na dvije postaje dagnje iz pergolara imale su značajno manju visinu i veću duljinu ljuštore od nativnih dagnji s istih postaja. Iste rezultate dobili su Alhambra i sur. (2012) u svom istraživanju provedenom na dagnjama uzgajanim u uvjetima povećane gustoće. Ove promjene mogle biti strategija smanjenja fizičkih smetnji, a osim toga izduženiji oblik omogućuje dagnjama bolji položaj sifona prema izvoru hrane (Sénéchal 2008). Seed (1968) je utvrdio da postoji veza između izduženijih ljuštura i sporijeg rasta, kao i rasta u uvjetima prenapučenosti. Prema istraživanju Alunno–Bruscia i sur. (2001) rezultat smanjene koncentracije hrane u situacijama visoke gustoće može biti i manja širina ljuštore. Razlog tome što dagnje s pergolara nisu imale značajno uže ljuštore mogla bi biti dovoljna količina hrane.

Veći gonadosomatski indeksi kod jedinki srednjeg i južnog Jadrana u proljeće od jedinki sjevernog Jadrana (osim Limskog zaljeva) mogu se objasniti i sezonskim pomakom u zrelosti gonada ili otpuštanju gameta, s obzirom na temperaturu mora. Sjeverni Jadran ima niže temperature mora zimi, a kako su populacije sakupljane u rano proljeće, moguće je da temperatura mora na tom području još nije dovoljno porasla.

Temperatura mora u prethodnim se istraživanjima pokazala kao važan čimbenik rasta, a to je potvrđeno i u našem istraživanju visokim pozitivnim korelacijama temperature s različitim morfometrijskim obilježjima, kao i kondicijskim indeksima. U eksperimentu Hiebenthala i sur. (2012), pri temperaturama mora između 20 i 25 °C rast ljuštore dagnje *M. edulis* jako se smanjio, a smrtnost izloženih jedinki se povećala. Njihovo istraživanje rađeno je na jedinkama iz Sjevernog mora, koje su adaptirane na niže temperature, pa u kontekstu našeg istraživanja ti rezultati samo upućuju na važnost temperature za rast i razvoj dagnje. Vrsta *M. galloprovincialis* je od svih vrsta roda *Mytilus* adaptirana na najviše temperature, što pokazuje i postojanje isključivo pozitivnih korelacija s morfometrijskim parametrima, čak i pri ljetnim temperaturama koje su se kretale oko 25 °C. Price i Lakshmi (2008) ustanovili su da je na rast

## 4. RASPRAVA

---

dagnji uz obalno područje Oregona više utjecala prosječna temperatura mora nego količina hrane.

Osim temperature, primijetili smo i visoke korelacije količine hranjivih tvari s istim čimbenicima. U više objavljenih istraživanja utvrđena je veza kondicijskog indeksa i količine hrane: Yildiz i sur. (2006) utvrdili su značajnu povezanost kondicijskog indeksa i razine klorofila a, Karayücel i sur. (2010) utvrdili su vezu tjelesne mase i čestičnog organskog ugljika, a u istraživanju Gavrilović i sur. (2011) na kondicijski indeks utjecali su čestični organski i čestični anorganski ugljik. I u ovom istraživanju utvrdili smo da na indekse kondicije utječe puno ekoloških čimbenika. Kondicijski indeksi 1(mokra masa/masa ljušture) i 2 (mokra masa/duljina ljušture) nisu statistički značajno korelirali, što ukazuje na činjenicu da masa ljušture ne ovisi izravno u duljini odnosno starosti jedinke. Stoga smo zaključili da je kondicijski indeks 1 bolja mjera općeg stanja i relativne mase tkiva jedinke od kondicijskog indeksa 2.

Nekoliko istraživača utvrdilo je negativnu korelaciju veličine dagnje s koncentracijama željeza i bakra (Boyden 1977; Cossa i sur. 1980; Popham i D'Auria 1983; Riget i sur. 1996). Kontradiktorni podatci objavljeni su za kadmij, cink i olovo. U istraživanju Kljaković–Gašpić i sur. (2007), od 6 analiziranih metala jedino su koncentracije kadmija i žive bile značajno negativno korelirane s kondicijskim indeksom dagnji. I u ovom istraživanju utvrdili smo značajnu negativnu korelaciju kadmija i kondicijskog indeksa. Ostali metali u našem istraživanju pokazali su različite negativne ili pozitivne korelacije s nekim morfometrijskim čimbenicima te gonadosomatskim i kondicijskim indeksima. Na bioakumulaciju utječu brojni okolišni (salinitet, temperatura, otopljeni kisik, pH, otopljeni organski ugljik) i biološki čimbenici (veličina, sezonski ciklus rasta, spol, spolna zrelost, reproduktivni stadij) (Cossa 1989, Phillips i Rainbow 1993, Kramer 1994). Kao rezultat, odnos između veličine i koncentracije metala često je povezan s lokalitetom s kojeg su dagnje uzorkovane (Giusti i sur. 1999). Korelacije morfometrijskih obilježja te gonadosomatskih i kondicijskih indeksa s nekima od metala vjerojatno upućuju na korelaciju s općenitim stanjem ili tipom okoliša koja se onda očituje kroz korelaciju s nekim od tih parametara, ali to ne mora značiti da koncentracije pojedinih metala izravno utječu na mjerena morfometrijska obilježja.

## 4. RASPRAVA

---

### Ekološki čimbenici

Prema podacima Projekta Jadran (<http://jadran.izor.hr/jadran/index.htm>) o stanju eutrofikacije 2012. godine, koncentracije klorofila a na području srednjeg i južnog Jadrana u površinskom sloju (0–10 m) bile su rasponu od 0,22 do 1,03 mg/m<sup>3</sup>. Prema istim podacima, najveća koncentracija zabilježena je u istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva, a koncentracije klorofila a iznad 1 mg/m<sup>3</sup> u površinskom sloju zabilježene su samo na postajama u Kaštelanskom i Šibenskom zaljevu. Ovi podatci iskazani su kao godišnji prosjek te su stoga u skladu su s našim opažanjima za 2014. godinu. Kaštelanski zaljev (Adriavinil) i u posljednjih je 12 godina prema našim podacima prikupljenim iz baze Ocean Color jedini imao prosjek veći od 1 mg/m<sup>3</sup>, i to u jesen. Razlozi bi mogli biti što je to uvučena uvala s ograničenom komunikacijom s otvorenim morem te što ispušt fecalnih voda još uvijek nije do kraja reguliran. U sklopu istog projekta, najviše vrijednosti klorofila a zabilježene su u zimskom i proljetnom razdoblju što je u skladu sa sezonskim ciklusom fitoplanktona u umjereno toplim morima. Osim za postaju Adriavinil, to je skladu s našim podacima prikupljenima iz baze Ocean Color. Prema istim podacima iz Projekta Jadran, srednje vrijednosti koncentracije klorofila a na području sjevernog Jadrana u površinskom sloju kretale su se od 0,43 do 0,49 mg/m<sup>3</sup>. Navedeni rasponi karakteristični su za oligotrofna priobalna mora. Autori su zaključili da su promjene koncentracije klorofila a u skladu su sa međugodišnjim promjenama u širem području sjevernog Jadrana čije su otvorene vode pod utjecajem donosa hranjivih soli rijekom Po (primjetan je trend smanjenja donosa nutrijenata uslijed bolje regulacije talijanskih zakona).

Na čitavom području koje je obuhvatilo naše istraživanje (osim postaje Linski zaljev) zimska biomasa bila je viša od ljetne biomase, što ukazuje na ponovno uspostavljanje ciklusa uobičajenih sezonskih kolebanja fitoplanktona, što se može primijetiti i na nekim izrazito eutrofnim područjima (Kaštelanski zaljev), na kojima je dugi niz godina zbog pojave cvatnji ljetna biomasa fitoplanktona bila značajno viša od zimske biomase. U odnosu na osamdesete i devedesete godine prošlog stoljeća, vrijednosti biomase niže su za čitav red veličine, čemu je velikim dijelom doprinijelo rješavanje problema otpadnih voda na ovim područjima (<http://jadran.izor.hr/jadran/index.htm>).

Zbog nedostatka podataka s kojima bih mogla usporediti ekstremne vrijednosti klorofila u Linskom zaljevu u proljeće 2014. godine, ne mogu sa sigurnošću utvrditi da li je došlo do pogreške u podacima u bazi ili se zbilja dogodila neka promjena u okolišu. Ipak, usporedbom

## 4. RASPRAVA

---

s dvanaestogodišnjim prosjekom za tu postaju u proljeće, koji je manji od jesenskih koncentracija te čak 8 puta manji od gorespomenute vrijednosti, pogreška u uzimanju podataka čini se kao najvjerojatnije objašnjenje. Slična situacija dogodila se i za čestični organski ugljik u proljeće 2014. godine, na istoj postaji (4 puta veća vrijednost nego za dvanaestogodišnji prosjek). Za isti čimbenik postaja Adriavinil u jesen 2013. godine pokazala je dosta veće vrijednosti, ali to je bio slučaj i u dvanaestogodišnjem prosjeku. Za povećane vrijednosti anorganskog ugljika na postaji Viktor Lenac u zimu 2013./2014. godine nemamo nikakve druge podatke za usporedbu. Razlog ovih mogućih grešaka najvjerojatnije je slabija gustoća podataka u bazi, a osobito za obalna razvedena područja ili uvučene zaljeve. Isti je uzrok nepostojanja podatka za Seline ili za neka godišnja doba ostalih postaja.

Temperature mora, kao i zraka, pokazale su očekivane rezultate. Tijekom zime temperature mora na sjevernom Jadranu su za oko 3 °C niže od onih na jugu. Na južni dio Jadrana djeluje topla voda što dotječe iz Sredozemlja. Razlike u temperaturi mora između sjevera i juga ljeti gotovo ne postoje, a uzrok blagog povećanja vrijednosti prema sjeveru je dotok voda sjevernojadranskih rijeka, osobito rijeke Po (Penzar i sur. 2001). Najniža temperatura svih mjeseci u Selinama vjerojatno je rezultat blizine Velebita i bure. Hladna voda može otopiti više kisika nego topla, stoga ne čudi da su najviše vrijednosti kisika bile upravo u Selinama.

Naposljetku treba naglasiti da sadašnja učestalost mjerenja, broj praćenih postaja kao i nepostojanje baza podataka znatno otežavaju procjenu stanja obalnog mora Republike Hrvatske.

### **Metali u tragovima**

Postaja Zadar Marina pokazala se kao najonečišćenija postaja s najvišim koncentracijama antropogenih metala. Dagnje su uzorkovane iz luke, gdje je prisutno onečišćenje uzrokovano pomorskim prometom, a mjesto uzorkovanja nalazilo se na području gdje se slijevaju bojila za premazivanje protiv obraštaja na brodovima, stoga je ovakav rezultat bio očekivan. Upravo od tih sredstava vjerojatno potječu jako visoke koncentracije bakra. Jako visoke koncentracije TBT-a u Zadar Marini također najvjerojatnije potječu od premaza brodskih trupova. Istraživanja za Projekt Jadran 2013. godine obuhvatila su neke druge postaje, ali ponovno su znatno više koncentracije bakra utvrđene u dagnjama iz marine u Rovinju. Vrijednosti su bile 6 puta manje nego u Zadru, a uzrok tome moglo bi biti točno mjesto uzorkovanja. Spomenuto istraživanje potvrđuje veće vrijednosti olova i cinka zabilježene na postajama u blizini luka,

## 4. RASPRAVA

---

marina ili industrijskih postrojenja. Najveće vrijednosti srebra, bizmuta, kositra i antimona također se mogu povezati s prometnim lukama te industrijskim i komunalnim otpadnim vodama. Rezultati teških metala po postajama uglavnom se slažu s prethodnim istraživanjima. Klobučar i sur. (2008) utvrdili su nizak stupanj onečišćenosti na postajama Mljet, Ston i Lim te veći utjecaj onečišćenja na populacije dagnji u Trogiru, Splitu, Gružu i u blizini Adriavnila. Pula i Rijeka već su prethodno bile predmet interesa kao prometne luke u koje se izljevaju komunalne, industrijske i brodske otpadne vode (Šrut i sur. 2011). Šire područje Splita smatralo se žarištem onečišćenja istočnog Jadrana, ali tijekom posljednjih 15 godina provedeno je dosta intervencija u području kvalitete okoliša (Rađa i sur. 2012), što potvrđuju i koncentracije metala dobivene u ovom istraživanju. Na dagnjama s područja Gruža prethodno je utvrđen jaki genotoksični utjecaj okolišnog onečišćenja (Štambuk i sur. 2013). Izračunom unosa otrovnih metala u okoliš dobivena je količina od 155 kilograma metala unutar jedne godine (Carić i sur. 2014).

Osim antropogenog utjecaja, glavni izvor metala u tragovima na obalnim područjima je sediment (Laës i sur. 2007) i vjerojatno su zato koncentracije neantropogenih metala podjednake na većini postaja. Koncentracije na pojedinim postajama mogu povećati uzlazna morska strujanja, priljev rijeka, ali naravno i utjecaj čovjeka (Boyd 2009).

Na temelju klasifikacije okolišne kvalitete Norveških fjordova Molvaera i sur. (1997) bazirane na koncentracijama metala u tragovima u dagnji *M. edulis* (Tablica 2), sve naše postaje bez prethodno utvrđenog antropogenog onečišćenja pripadaju kategoriji 1, uz iznimku koncentracije arsena prema kojoj su sve postaje u kategoriji 2, a Seline u kategoriji 3. Visoke koncentracije arsena možda nisu zabrinjavajuće s obzirom na to da se u morskim organizmima arsen najčešće u vrlo visokim postotcima nalazi u obliku arsenobetaina, organske forme za koju nije utvrđena toksičnost (Neff 1997). Čak i neke postaje za koje smo prethodno utvrdili onečišćenje, prema ovoj klasifikaciji našle bi se u kategoriji 1. Analizirane postaje nisu prelazile kategoriju 3, uz iznimku Zadar Marine, koja se prema koncentracijama bakra našla u kategoriji 5.

## 4. RASPRAVA

---

**Tablica 2.** Klasifikacija okolišne kvalitete Norveških fjordova prema koncentracijama metala u tragovima u dagnji *M. edulis* (Molvaer i sur. 1991). Koncentracije su izražene u mg/kg suhe mase. Kategorije: 1=čisti ili blago onečišćeni okoliš, 2=umjereno onečišćeni okoliš, 3=značajno onečišćeni okoliš, 4=jako onečišćen okoliš, 5=vrlo jako onečišćen okoliš.

Kategorije kvalitete okoliša	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	As (mg/kg)	Ag (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
1	<10	<200	<10	<0,3	<2	<3
2	10–30	200–400	10–30	3–10	2–5	3–15
3	30–100	400–1000	30–100	10–20	5–20	15–40
4	100–200	1000–2500	100–200	20–40	20–40	40–100
5	>200	>2500	>200	>40	>40	>100

## 5. ZAKLJUČAK

---

### 5. ZAKLJUČAK

Diskriminantnom analizom utvrđeno je da se populacije dagnji u istočnom Jadranu međusobno razlikuju prema morfometrijskim obilježjima.

Nisu ustanovljena morfometrijska obilježja koja bi bila karakteristična za populacije na čistim ili one na onečišćenim postajama, kao ni ona koja bi razdvajala populacije prema geografskom lokalitetu, iako su prema izračunu Mahalanobijskih udaljenosti neke čiste postaje bile najviše udaljene (dakle i najrazličitije) od čak nekoliko onečišćenih postaja. Isto je zabilježeno i usporedbom nekoliko onečišćenih postaja s čistima.

Utvrđena je visoka korelacija nekih morfometrijskih obilježja s nekoliko klimatskih i ekoloških čimbenika, što ukazuje na to da nisu isključivo pod kontrolom gena i da pokazuju visoku fenotipsku plastičnost ili da selekcija u određenom okolišu pogoduje jedinkama određenih obilježja.

Na postajama prethodno utvrđenim kao onečišćenim izmjerena je vrlo visoka koncentracija antropogenih metala u tkivu dagnji.

Kondicijski indeks 3, koji se bazira na masi bez mase plašta (korištene za procjenu fekunditeta zbog smještaja gonada), u jesen je pokazao jako veliku korelaciju s kondicijskim indeksom 2 koji sadrži cjelokupnu tjelesnu masu, a u proljeće vrlo slabu. U proljeće počinje razvoj gonada, te je stoga vidljivo da rasplodni status jedinke utječe na kondicijski indeks i da je bolje koristiti kondicijski indeks koji se osniva na masi tkiva bez mase plašta.

Temperature zraka i vode pokazale su visoku korelaciju s istim morfometrijskim obilježjima, te se u nedostatku podataka za temperaturu vode mogu koristiti i podatci za temperaturu zraka.

Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se utvrdilo koja su morfometrijska obilježja pod kontrolom gena i u kolikoj mjeri.

## 6. LITERATURA

---

### 6. LITERATURA

1. Aguirre M. L., Perez S. I., Sirch Y. N. (2006): Morphological variability of *Brachidontes* Swainson (Bivalvia, Mytilidae) in the marine Quaternary of Argentina (SW Atlantic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 239: 100–125.
2. Alcapán A. C., Nespolo R. F., Toro J. E. (2007): Heritability of body size in the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupé 1854): effects of environment and ageing. *Aquaculture Research* 38: 313–320.
3. Alunno-Bruscia M., Bourget, E., Fréchette M. (2001): Shell allometry and length–mass–density relationship for *Mytilus edulis* in an experimental food–regulated situation. *Marine Ecology Progress Series* 219: 177–188
4. Baith K., Lindsay R., Fu G., McClain C. R. (2001): SeaDAS, a data analysis system for ocean–color satellite sensors. *Eos, Transactions, American Geophysical Union* 82: 202
5. Bamber R. N. (1990): The effects of acidic seawater on 3 species of lamellibranch mollusk. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 143: 181–191.
6. Barber, B. J., Blake N. J. (2006): Reproductive physiology U: (Shumway S. E., Parsons G. J. (ur.) *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*, Second Edition, Elsevier Science Publishers, 357–416.
7. Barkati S., Choudhry Y. (1988): Effect of tidal height on growth of mussels. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research* 31: 415–422.
8. Barnes, M. (1993): *Oceanography and Marine Biology, An Annual Review*, CRC Press
9. Bayne B. L., Worrall C. M. (1980): Growth and production of mussels *Mytilus edulis* from two populations. *Marine Ecology Progress Series* 3: 317–328.
10. Beiras R., Bellas J. (2008): Inhibition of embryo development of the *Mytilus galloprovincialis* marine mussel by organic pollutants; assessment of risk for its extensive culture in the Galician Rias. *Aquaculture* 277: 208–212.
11. Bell C. M., Gosline J. M. (1997): Strategies for life in flow: tenacity, morphometry, and probability of dislodgement of 2 *Mytilus* species. *Marine Ecology Progress Series* 159: 197–208.
12. Boyd P. W. (2009): Ocean iron cycle. U: Le Quere C., Slatzman E. S. (ur.) *Surface ocean lower atmosphere processes*. AGU Monographs 187. AGU Publications, Washington, DC, str. 161–180.
13. Boyden, C. R. (1977): Effect of size upon metal content of shellfish. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 57: 675–714.
14. Brett J. R. (1958): Implications and assessments of environmental stress. U: Larkin. P. A. (ur.) *Investigation of Fish–power Problems*. Vancouver, Univ. of British Columbia, str. 69–83.
15. Brown P. C. (1992): Spatial and seasonal variation in chlorophyll distribution in the upper 30 m of the photic zone in the southern Benguela/Agulhas ecosystem. U: Payne A. I. L., Brink K. H., Mann K. H., Hilborn R. (ur.) *Benguela trophic functioning*. *South African Journal of Marine Science* 12: 515–525.
16. Bulnheim H. P., Gosling E. (1988): Population genetic structure of mussels from the Baltic Sea. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 42: 113–129.
17. Byrne M. (2011): Impact of ocean warming and ocean acidification on marine invertebrate life history stages: vulnerabilities and potential for persistence in a changing ocean. *Oceanography and Marine Biology–An Annual Review* 49: 1–42.
18. Calvo–Ugarteburu G., McQuaid C. D. (1998): Parasitism and invasive species: effects of digenetic trematode on mussels. *Marine Ecology Progress Series* 169: 149–163.



## 6. LITERATURA

---

19. Carić H. (2011): Cruising tourism environmental impacts: case study of Dubrovnik, Croatia. *Journal of Coastal Research* 61, 104–113.
20. Carić, H., Klobučar, G. I. V., Štambuk, A. (2014): Ecotoxicological risk assessment of antifouling emissions in a cruise ship port. *Journal of Cleaner Production*: 1–10.
21. Carrington E. (2002): Seasonal variation in the attachment strength of the blue mussel: causes and consequences. *Limnology and Oceanography* 47: 1723–1733.
22. Connell, J. H. (1961): The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology* 42: 710–723.
23. Cossa, D., Bourget, E., Pouliot, D., Piuze, J. Chant J. P.(1980): Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 58: 7–14.
24. Cossa, D. (1989): A review of the use of *Mytilus* spp. as quantitative indicators of cadmium and mercury contamination in coastal waters. *Oceanologica Acta* 12: 417–432.
25. Cote I. M. (1995): Effects of predatory crab effluents on byssus production in mussels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 188: 233–241.
26. Cubillo, A. M., Peteiro, L. G., José Fernández-Reiriz, M., Labarta, U. (2012): Density-dependent effects on morphological plasticity of *Mytilus galloprovincialis* in suspended culture. *Aquaculture* 338–341: 246–252.
27. Denny M. W., Paine R. T. (1998): Celestial mechanics, sea-level changes, and intertidal ecology. *Biology Bulletin* 194: 108–115.
28. depts.washington.edu, datum pristupa: 17. prosinca 2014. godine
29. Feldman G. C., McClain C. R. (2007): Ocean Color Web, MODIS–Aqua Reprocessing 1.1. U: Kuring N., Bailey S. W. (ur.) NASA Goddard Space Flight Center. (20. listopada 2014.) <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>
30. Florence M. M., Carissan–Lloyd F. M. M., Pipe R. K., Beaumont A. R. (2004): Immunocompetence and heterozygosity in the mussel *Mytilus edulis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84: 377–382.
31. Gabbott P. A. (1976): Energy metabolism. U: Bayne B. L. (ur.) *Marine mussels: their ecology and physiology*. Cambridge, Cambridge University Press, str. 293–355.
32. Gardner J. P. A. (1992): *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) (Bivalvia, Mollusca): the taxonomic status of the Mediterranean mussel. *Ophelia* 35: 219–243.
33. Gardner, J. P. A. (2004): A historical perspective of the genus *Mytilus* (Bivalvia: Mollusca) in New Zealand: multivariate morphometric analyses of fossil, midden and contemporary blue mussels. *Biological Journal of the Linnean Society* 82: 329–344.
34. Gardner J. P. A., Thompson R., J. (2009): Influence of genotype and geography on shell shape and morphometric trait variation among North Atlantic blue mussel (*Mytilus* spp.) populations. *Biological Journal of the Linnean Society* 96: 875–897.
35. Gavrilovic, A., Jug–Dujakovic, J., Marinovic Bonacic A., Conides, A., Bonacic, K., Ljubicic, A., Van Gorder, S. (2011): The influence of environmental parameters on the growth and meat quality of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* (Mollusca: Bivalvia). *AAFL Bioflux* 4: 573–583.
36. Gaylord B., Blanchette C. A., Denny M. W. (1994): Mechanical consequences of size in wave-swept algae. *Ecological Monographs* 64: 287–813.
37. Gimazane, J. P. (1972): Etude experimentale de l'action de quelques facteurs externes sur la reprise de l'activite genitale de la coque, *Cerastoderma edule* L., Mollusque Bivalve. *Comptes rendus des séances de la Société de biologie et de ses filiales* 166: 587–589.

## 6. LITERATURA

---

38. Giusti, A. C., Williamson, S., Mistry, A. (1999): Biologically available trace metals in *Mytilus edulis* from the coast of Northeast England. *Environment International* 25: 969–981.
39. Gosling E. M. (1984): The systematic status of *Mytilus galloprovincialis* in western Europe. *Malacologia* 25: 551–568.
40. Griffiths C. L., Hockey P. A. R., van Erkom Schurink C., Le Roux P. J. (1992): Marine invasive aliens on South African shores: Implications for community structure and trophic functioning. *South African Journal of Marine Science* 12: 713–722.
41. Griffiths C. L., King J. A. (1979): Energy expended on growth and gonad output in the ribbed mussel *Aulacomya ater*. *Marine Biology* 53: 217–222.
42. Groenenberg D. S. J., Wesselingh F. P., Rajagopal S., Jansen J. M., Bos M. M., Van der Velde G., Gittenberger E., Hoeksema B. W., Raad H., Hummel H. (2011): On the identity of broad-shelled mussels (Mollusca, Bivalvia, *Mytilus*) from the Dutch delta region. *Contributions to Zoology* 80: 95–106.
43. Hiebenthal C., Philipp E. E. R., Eisenhauer A., Wahl, M. (2012): Effects of seawater pCO<sub>2</sub> and temperature on shell growth, shell stability, condition and cellular stress of Western Baltic Sea *Mytilus edulis* (L.) and *Arctica islandica* (L.). *Marine Biology* 160: 2073–2087.
44. Hijmans R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jones P. G., Jarvis A. (2005): Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965–1978.
45. Hinch S. G., Bailey R. C., Green R. H. (1986): Growth of *Lampsilis radiata* (Bivalvia: Unionidae) in sand and mud: a reciprocal transplant experiment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43: 548–552.
46. Hockey C. L., van Erkom Schurink C. (1992): The invasive biology of the mussel *Mytilus galloprovincialis* on the southern African coast. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 48: 123–139.
47. Hrs–Brenko M. (1973): The relationship between reproductive cycle and index of condition of the mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in the northern Adriatic sea. *General Fisheries Commission for the Mediterranean* 52: 47–52.
48. <http://en.wikipedia.org/>, datum pristupa: 13. listopada 2014. godine
49. <http://jadran.izor.hr/jadran/index.htm>, datum pristupa: 10. veljače 2015. godine
50. <http://www.oed.com/>, datum pristupa: 13. listopada 2014. godine
51. <http://www.swims.hku.hk/>, datum pristupa: 12. prosinca 2014. godine
52. Hunt H. L., Scheibling R. E. (2001): Predicting wave dislodgement of mussels: variation in attachment strength with body size, habitat, and season. *Marine Ecology Progress Series* 213: 157–164.
53. Innes D. J., Bates J. A. (1999): Morphological variation of *Mytilus edulis* and *Mytilus trossulus* in eastern Newfoundland. *Marine Biology* 133: 691–699.
54. Ivanković D., Pavičić J., Erk M., Filipović–Marijić V., Raspor, B. (2005): Evaluation of the *Mytilus galloprovincialis* Lam. digestive gland metallothionein as a biomarker in a long-term field study: seasonal and spatial variability. *Marine Pollution Bulletin* 50: 1303–1313.
55. Jorgensen C. B. (1976): Growth efficiencies and factors controlling size in some mytilid bivalves, especially *Mytilus edulis* L.: review and interpretation. *Ophelia* 15: 175–192.
56. Karayucel S., Celik M. Y., Karayucel I., Erik G. (2010): Growth and Production of Raft Cultivated Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) in Sinop, Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 9–17.

## 6. LITERATURA

---

57. Klobučar G. I. V., Štambuk A., Hylland K., Pavlica M. (2008): Detection of DNA damage in haemocytes of *Mytilus galloprovincialis* in the coastal ecosystems of Kaštela and Trogir bays, Croatia. *Science of the Total Environment* 405: 330–337.
58. Kljaković-Gašpić, Z., Ujević, I., Zvonarić, T., Barić, A. (2007): Biomonitoring of trace metals (Cu, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn) in Mali Ston Bay (eastern Adriatic) using the Mediterranean blue mussel (1998–2005). *Acta Adriatica* 48: 73–88.
59. Koehn R., Newell R., Immermann F. (1980): Maintenance of an aminopeptidase allele frequency cline by natural selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 77: 5385–5389.
60. Kramer, K. J. M. (1994): *Biomonitoring of coastal waters and estuaries*. CRC Press. Boca Raton, Florida
61. Kroeker K. J., Kordas R. L., Crim R. N., Singh G. G. (2010): Meta-analysis reveals negative yet variable effects of ocean acidification on marine organisms. *Ecology Letters* 13: 1419–1434.
62. Laës A., Blain S., Laan P., Ussher S. J., Achterberg E. P., Treguer P., de Baar H. J. W. (2007): Sources and transport of dissolved iron and manganese along the continental margin of the Bay of Biscay. *Biogeosciences* 4: 181–194.
63. Leonard, G. H., Bertness M. D., Yund P. O. (1999): Crab predation, waterborne cues, and inducible defenses in the Blue Mussel, *Mytilus edulis*. *Ecology* 80: 1–14.
64. Marguš D., Teskeredžić E. (1984): Indeks kondicije dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) u estuariju rijeke Krke. *Morsko ribarstvo* 1, 17–20.
65. Márquez F., Amoroso R., Sainz M. F. G., Van der Molen, S. (2010): Shell morphology changes in the scallop *Aequipecten tehuelchus* during its life span: a geometric morphometric approach. *Aquatic Biology* 11: 149–155.
66. Marušić N., Vidaček S., Medić, H., Petrak T. (2009): Indeks kondicije dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) u uvali Budva i u zaljevu Raša. *Ribarstvo* 67: 91–99.
67. McDonald J. H., Seed R., Koehn R., K. (1991): Allozymes and morphometric characters of three species of *Mytilus* in the Northern and Southern Hemispheres. *Marine Biology* 111: 323–333.
68. Melzner F., Stange P., Trübenbach K., Thomsen J., Casties I., Panknin U., Gorb S. N., Gutowska M. (2011): Food Supply and Seawater pCO<sub>2</sub> Impact Calcification and Internal Shell Dissolution in the Blue Mussel *Mytilus edulis*. [www.plosone.org](http://www.plosone.org), datum pristupa 10. listopada 2014. godine
69. Microsoft (2007): *Microsoft Excel*. Redmond, Washington. Computer Software.
70. Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J., Sørensen J. (1997): Classification of environmental quality in fjords and coastal waters. A guide. SFT 97:03
71. Morais, P., Rufino, M. M., Reis, J., Dias, E., Sousa, R. (2013): Assessing the morphological variability of *Unio delphinus* Spengler, 1783 (Bivalvia: Unionidae) using geometric morphometry. *Journal of Molluscan Studies* 80: 17–23.
72. Neff, J. (1997): Ecotoxicology of arsenic in the marine environment. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16: 917–927.
73. Paine R. T., Levin S. A. (1981): Intertidal landscapes: disturbance and the dynamics of pattern. *Ecological Monographs* 51: 145–178.
74. Palmer A. R. (1981): Do carbonate skeletons limit the rate of body growth? *Nature* 292: 150–152.
75. Parker, P. G., Snow A. A., Schug M. D., Booton G. C., Fuerst P. (1998): What Molecules Can Tell Us About Populations: Choosing and Using a Molecular Marker. *Ecology* 79: 361–382.

## 6. LITERATURA

---

76. Penzar, B., Penzar, I., Orlić, M. (2001): Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana. Nakladna kuća „Dr. Feletar“, Hrvatski hidrografski institut Split, Zagreb
77. Petes L. E., Menge, B. A., Murphy G. D. (2007): Environmental stress decreases survival, growth, and reproduction in New Zealand mussels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 351: 83–91.
78. Phillips, D. J. H., Rainbow, P. S. (1993): *Biomonitoring of trace aquatic contaminants*. Elsevier Science Publishers LTD. Barking, Essex
79. Philippart C. J. M., van Aken H. M., Beukema J. J., Bos O. G., Cadée G. C., Dekker R. (2003): Climate-related changes in recruitment of the bivalve *Macoma balthica*. *Limnology and Oceanography* 48: 2171–2185.
80. Popham, J. D., D’Auria, J. M. (1983): Combined effect of body size, season, and location on trace element levels in mussels (*Mytilus edulis*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 12: 98–102.
81. Price, J., Lakshmi, V. (2013): Growth studies of *Mytilus californianus* using satellite surface temperatures and chlorophyll data for coastal Oregon. American Geophysical Union, Fall Meeting 2013
82. QGIS Development Team, <2014>. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
83. Quesada H., Beynon C. M., Skibinski D. O. F. (1995): A mitochondrial DNA discontinuity in the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lmk: Pleistocene vicariance biogeography and secondary intergradation. *Molecular Biology and Evolution* 12: 521–524.
84. R Core Team (2012): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
85. Rada B., Šantić M., Kuprešanin, M. (2012): Monitoring DNA damage in *Mytilus galloprovincialis* from the Kaštela bay in Croatia. *Russian Journal of Ecology* 43: 77–81.
86. Rao K. P. (1953): Shell weight as a function of intertidal height in a littoral population of pelecypods. *Experientia* 9: 465–466.
87. Raubenheimer D., Cook P. (1990): Effects of exposure to wave action on allocation of resources to shell and meat growth by the subtidal mussel, *Mytilus californianus*. *Journal of Shellfish Research* 9: 87–93.
88. Reimer O. (1999): Increased gonad ratio in the blue mussel, *Mytilus edulis*, exposed to starfish predators. *Aquatic Ecology* 33: 185–192.
89. Reimer O., Olsson B., Tedengren M. (1995): Growth, physiological rates and behaviour of *Mytilus edulis* exposed to the predator *Asterias rubens*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 25: 233–244.
90. Riget, F., Johansen, P., Asmund, G. (1996) Influence of length on element concentrations in blue mussels (*Mytilus edulis*). *Marine Pollution Bulletin* 32: 745–751.
91. Riisgård H. U., Larsen P. S. (2007): Viscosity of seawater controls beat frequency of water-pumping cilia and filtration rate of mussels *Mytilus edulis*. *Marine Ecology Progress Series* 343: 141–150.
92. Rinner B. P., Matson C. W., Islamzadeh A., McDonald T. J., Donnelly K. C., Bickham J. W. (2011): Evolutionary toxicology: contaminant-induced genetic mutations in mosquitofish from Sumgayit, Azerbaijan. *Ecotoxicology* 20: 365–376.
93. Rodhouse P. G., McDonald J. H., Newell R. I. E., Koehn R. K. (1986): Gamete production, somatic growth and multiple locus enzyme heterozygosity in *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 90: 209–214.

## 6. LITERATURA

---

94. Roff D. A. (2000): Life History Evolution. Oxford University Press, Oxford, UK
95. Rufino M. M., Gaspar M. B., Pereira A. M., Vasconcelos (2006): Use of shape to distinguish *Chamelea gallina* and *Chamelea striatula* (Bivalvia: Veneridae): linear and geometric morphometric methods. *Journal of morphology* 267: 1433–1440.
96. Rufino M. M., Vasconcelos P., Pereira F., Fernándeztajes J., Méndez J., Gaspar M. B. (2012): Geographical variation in shell shape of the pod razor shell *Ensis siliqua* (Bivalvia: Pharidae). *Helgoland Marine Research* 67: 49–58.
97. Sastry, A. N. (1968): Relationships among food, temperature and gonad development of the bay scallop, *Acquiptecten irradians* Lamarck. *Physiological zoology* 41: 44–53.
98. Scholz, H., Hartman, J. H. (2007a): Paleoenvironmental reconstruction of the Upper Cretaceous Hell Creek Formation of the Williston Basin, Montana, USA: implications from the quantitative analysis of unionid bivalve taxonomic diversity and morphologic disparity. *Palaios* 22: 24–34.
99. Scholz, H., Hartman, J. H. (2007b): Fourier analysis and the extinction of unionoid bivalves near the Cretaceous–Tertiary boundary of the Western Interior, USA: pattern, causes, and ecological significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 255: 48–63.
100. Seed R. (1968): Factors in influencing shell shape in the mussel *Mytilus edulis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 48: 561–584.
101. Seed R. (1968): Factors influencing shell shape in the mussel *Mytilus edulis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 48: 561–584.
102. Seed R. and Suchanek T. H. (1992): Population and community ecology of *Mytilus*. U: Gosling E. (ed.) *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture*. Amsterdam, Elsevier, str. 87–169.
103. Sénéchal, J., Grant, J., Archambault, M. C. (2008): Experimental manipulation of suspended culture socks: Growth and behavior of juvenile mussels (*Mytilus* spp.). *Journal of Shellfish Research* 27: 811–826.
104. Shields J. L., Barnes P. i Heath. D. D. (2008): Growth and survival differences among native, introduced and hybrid blue mussels (*Mytilus* spp.) genotype, environment and interaction effects. *Marine Biology* 154: 919–928.
105. Shurova N. (2001): Influence of salinity on the structure and the state of bivalve *Mytilus galloprovincialis* populations. *Russian Journal of Marine Biology* 27: 151–155.
106. StatSoft, Inc. (2007): STATISTICA 8.0
107. Steffani C. N., Branch G. M. (2003): Growth rate, condition, and shell shape of *Mytilus galloprovincialis*: responses to wave exposure. *Marine Ecology Progress Series* 246: 197–209.
108. Šrut, M., Traven, L., Štambuk, A., Kralj, S., Žaja, R., Mićović V., Klobučar, G. I. V. (2011): Genotoxicity of marine sediments in the fish hepatoma cell line PLHC–1 as assessed by the comet assay. *Toxicology in Vitro* 25: 308–314.
109. Štambuk A., Šrut M., Šatović, Z., Tkalec M., Klobučar G. I. V. (2013): Gene flow vs. pollution pressure: Genetic diversity of *Mytilus galloprovincialis* in eastern Adriatic. *Aquatic Toxicology* 136–137: 22–31.
110. Tanaka N., Monaghan M., Rye D. M. (1986): Contribution of metabolic carbon to mollusc and barnacle shell carbonate. *Nature* 320: 520–523.
111. Thomsen J., Melzner F. (2010): Seawater acidification does not elicit metabolic depression in the blue mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 157: 2667–2676.

## 6. LITERATURA

---

112. Toro J. E., Alcala A. C., Vergara A. M., Ojeda J. A. (2004): Heritability estimates of larval and spat height in the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupe 1854) produced under controlled laboratory conditions. *Aquaculture Research* 35: 56–61.
113. Tsuchiya M. (1983): Mass mortality in a population of the mussel *Mytilus edulis* L. caused by high temperature on rocky shores. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 66: 101–111.
114. Tyberghein L., Verbruggen H., Pauly K., Troupin C., Mineur F., De Clerck, O. (2012): Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography* 21: 272–281.
115. Valladares A., Manríquez G., Suárez-Isla B. A. (2010): Shell shape variation in populations of *Mytilus chilensis* (Hupé 1854) from southern Chile: a geometric morphometric approach. *Marine Biology* 157: 2731–2738.
116. Via S., Gomulkiewicz R., Scheiner S. M., Schlichting C. D., Van Tienderen P. H. (1995): Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. *Trends in Ecology & Evolution* 10: 212–217.
117. Waite J. H. (1992): The formation of mussel byssus: anatomy of a natural manufacturing process. U: Case S.T. (ur.) *Results and problems in cell differentiation: Biopolymers*. Berlin, Springer-Verlag, Berlin, str. 27–54.
118. Warren C., Peek J. (1996): Habitat use and movements of two ecotypes of translocated caribou in Idaho and British Columbia. *Conservation Biology* 10: 547–553.
119. Weeks A. R., Sgro C. M., Young A. G., Frankham R., Mitchell N. J., Miller K. A., Byrne M., Coates D. J., Eldridge M. D. B., Sunnucks P., Breed M. F., James E. A., Hoffmann A. A. (2011): Assessing the benefits and risks of translocations in changing environments: a genetic perspective. *Evolutionary Applications* 4: 709–725.
120. Widdows J., Fieth P., Worrall C. M. (1979): Relationships between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 50, 195–207.
121. Wilbur K. M., Saleuddin A. S. M. (1983): Shell formation. U: Saleuddin A. S. M., Wilbur K. M. (ur.) *The Mollusca: Physiology*. New York, Academic Press, str. 235–287.
122. Witman J., Suchanek T. (1984): Mussels in flow: drag and dislodgement by epizoans. *Marine Ecology Progress Series* 16: 259–268.
123. [www.britannica.com](http://www.britannica.com), datum pristupa: 23. studenog 2014. godine
124. [www.pula-online.com](http://www.pula-online.com), datum pristupa: 17. prosinca 2014. godine
125. Yildiz H., Palaz M., Bulut M. (2006): Condition Indices of Mediterranean Mussels (*Mytilus galloprovincialis* L. 1819) Growing on Suspended Ropes in Dardanelles. *Journal of Food Technology* 4: 221–224.
126. Young R. (1941): The distribution of the mussel (*Mytilus californianus*) in relation to the salinity of its environment. *Ecology* 22: 379–386.
127. Zardi G. I., McQuaid C. D., Nicastro K. R. (2007): Balancing survival and reproduction: seasonality of wave action, attachment strength and reproductive output in indigenous *Perna perna* and invasive *Mytilus galloprovincialis* mussels. *Marine Ecology Progress Series* 334: 155–163.

### 7. PRILOZI

**Prilog 1.** Koncentracije teških metala i metaloida određene masenom spektrometrijom visoke rezolucije s induktivno spregnutom plazmom u uzorcima tkiva dagnji *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) sakupljenih na istraživanim postajama u proljeće 2014. godine.

**Prilog 2.** Korelacije morfometrijskih obilježja, kondicijskih i gonadosomatskih indeksa dagnji *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) uzorkovanih u jesen 2013. godine i ekoloških čimbenika.

**Prilog 3.** Korelacije morfometrijskih obilježja, kondicijskih i gonadosomatskih indeksa dagnji *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) uzorkovanih u proljeće 2014. godine i ekoloških čimbenika.

**Prilog 4.** Rezultati diskriminantne analize provedene na morfometrijskim obilježjima, kondicijskim i gonadosomatskim indeksima populacija dagnje *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) uzorkovanih u jesen 2013. godine, bez populacija Ičići i Mali Ston.

**Prilog 5.** Rezultati izračuna Mahalanobiskijih udaljenosti provedenog na morfometrijskim obilježjima populacija dagnje *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) uzorkovanih u jesen 2013. godine, bez populacija Ičići i Mali Ston.

**Prilog 6.** Postotak populacija točno svrstanih u pripadajuću populaciju korištenjem metode klasifikacije unutar diskriminantne analize, provedene na morfometrijskim obilježjima, kondicijskim i gonadosomatskim indeksima populacija dagnje *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) uzorkovanih u jesen 2013. godine.

**Prilog 7.** Podatci za temperaturu zraka (Worldclim), pH, otopljeni kisik, salinitet (Bio–Oracle, podatci dobiveni dugoročnim in situ mjerenjima), kalcit i klorofil a (Bio–Oracle, podatci dobiveni obradom satelitskih snimki) na promatranim lokalitetima.

**Prilog 8.** Korelacije između morfometrijskih obilježja, kondicijskih i gonadosomatskih indeksa između dagnji uzorkovanih u jesen 2013. i onih uzorkovanih u proljeće 2014. godine.

## 7. PRILOZI

**Prilog 1.** Koncentracije teških metala i metaloida određene masenom spektrometrijom visoke rezolucije s induktivno spregnutom plazmom u uzorcima tkiva dagnji *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) sakupljenih na istraživanim postajama u proljeće 2014. godine. Koncentracije su izražene u mg/kg, a za TBT u µg/kg.

	Mljet	Ston	Marina	Seline	Limski zaljev	Mali Ston	Ičići	Gruž	Split	Adriavinil	Trogir Marina	Zadar Marina	Viktor Lenac	Rijeka	Pula
<b>Pb</b>	0,55	0,65	1,12	0,96	0,74	2,28	1,03	6,04	3,27	2,71	2,10	14,05	11,23	5,10	8,41
<b>Bi</b>	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	0,02	0,13	0,03	0,02	0,03
<b>Sn</b>	0,05	0,05	0,08	0,06	0,07	0,21	0,12	0,40	0,18	0,22	0,29	2,39	1,70	0,22	0,45
<b>Cu</b>	5,20	5,41	5,08	5,24	4,76	13,31	5,88	43,99	9,78	7,49	55,82	312,98	46,65	19,28	16,21
<b>Cd</b>	0,71	0,90	0,69	0,87	0,72	1,96	0,96	0,65	0,86	0,94	0,70	0,95	1,29	1,02	0,64
<b>Zn</b>	72,45	70,64	111,84	64,15	107,71	126,20	86,70	172,11	209,25	148,01	102,03	410,94	278,06	152,89	176,89
<b>Ag</b>	0,01	0,03	0,00	0,04	0,03	0,01	0,01	0,04	0,07	0,01	0,11	0,25	0,03	0,23	0,07
<b>Sb</b>	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,13	0,03	0,02	0,03	0,05	0,07	0,05	0,07
<b>Cr</b>	0,81	6,47	2,26	1,25	1,44	2,77	1,61	2,90	1,70	1,72	1,66	3,13	5,17	1,82	2,48
<b>Ni</b>	2,03	2,00	1,39	1,78	1,49	1,73	1,77	1,97	1,55	1,26	1,53	1,30	2,42	1,52	1,13
<b>Li</b>	1,44	1,52	1,78	1,37	1,52	1,55	1,45	1,53	1,26	1,22	1,40	1,86	1,00	1,28	1,20
<b>Rb</b>	6,02	6,64	6,70	6,74	5,95	5,78	6,08	6,12	5,16	6,25	6,99	5,61	5,96	5,59	5,97
<b>Mo</b>	9,23	3,41	2,42	7,21	0,99	1,78	5,01	1,26	1,52	1,33	1,49	3,11	2,69	1,00	1,25
<b>U</b>	0,17	0,10	0,11	0,14	0,10	0,17	0,13	0,19	0,12	0,10	0,09	0,14	0,14	0,12	0,11
<b>Al</b>	151,49	393,54	453,50	408,44	619,51	293,66	342,27	507,70	168,99	186,53	410,21	328,36	318,05	242,15	184,57
<b>Ti</b>	9,12	21,10	28,66	22,61	32,37	23,39	21,51	36,48	10,71	10,05	23,95	54,16	23,12	16,36	13,08
<b>V</b>	1,83	2,41	2,78	2,54	3,23	1,52	2,42	2,65	1,25	1,39	1,74	1,77	2,12	1,01	18,13
<b>Mn</b>	6,63	11,55	9,05	17,32	9,19	17,13	8,48	8,96	6,64	6,77	8,81	6,33	10,27	6,48	5,15
<b>Fe</b>	143,34	289,71	304,00	284,48	425,26	345,62	274,57	388,78	207,61	179,40	279,98	386,93	661,64	264,07	234,99
<b>Co</b>	0,98	0,59	0,82	0,71	0,75	1,05	1,03	0,75	0,69	0,68	0,64	0,67	1,27	0,52	0,44
<b>Sr</b>	95,56	58,19	80,81	36,07	33,34	65,30	47,68	55,20	55,52	60,74	84,67	80,54	55,98	56,09	65,86
<b>Ba</b>	7,31	2,47	16,39	6,68	3,46	5,06	2,66	18,69	4,54	9,36	6,10	5,36	8,93	1,98	11,16
<b>As</b>	22,19	23,04	29,23	32,39	24,00	23,09	31,70	27,24	27,13	26,33	23,62	24,82	27,50	27,30	23,79
<b>Se</b>	8,87	5,37	5,04	5,30	3,67	5,28	7,28	3,96	4,28	4,91	4,15	3,12	4,83	3,93	3,22
<b>TBT</b>	<5		49,95		28,45	61,99	88,15	187,18	258,90	150,37	290,26	4005,79	989,14	103,04	404,65



## 7. PRILOZI

**Prilog 2.** Korelacije morfometrijskih obilježja, kondicijskih i gonadosomatskih indeksa dagnji *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) uzorkovanih u jesen 2013. godine i ekoloških čimbenika. Podebljane vrijednosti su korelacije bez postaja Ičići i Mali Ston.

	najniža temperatura zraka (°C) jesen 1950-2000	srednja temperatura površine mora (°C) 2002-2009	dnevna temperatura površine mora u jesen (°C) 2002-2013	noćna temperatura površine mora (°C) jesen 2002-2013	dnevna temperatura površine mora (°C) jesen 2013	noćna temperatura površine mora (°C) jesen 2013	dnevna temperatura površine mora (°C) ljeto 2013	srednja vrijednost klorofila a (mgm <sup>-3</sup> )	klorofil (mgm <sup>-3</sup> ) jesen 2002-2014	klorofil (mgm <sup>-3</sup> ) jesen 2013	klorofil (mgm <sup>-3</sup> ) proljeće 2002-2014	otopljeni kisik/mL <sup>-1</sup>	čestični organski ugljik (mgm <sup>-3</sup> ) jesen 2002-2013	čestični organski ugljik (mgm <sup>-3</sup> ) jesen 2013	čestični organski ugljik (mgm <sup>-3</sup> ) proljeće 2003-2014
volumen ljuštore	0,676878	0,800324	0,920733	0,802725	<b>0,847195</b>	0,653034						-0,646636			
visina ljuštore	<b>0,618303</b>	<b>0,864251</b>	<b>0,895711</b>	<b>0,855028</b>	<b>0,829799</b>										
PADP												-0,687748			
PPAD												-0,719424			
VPR				<b>0,679899</b>										<b>-0,704897</b>	<b>-0,739474</b>
DPR		<b>0,624023</b>	<b>0,629932</b>		<b>0,608215</b>					<b>-0,669337</b>	<b>-0,762563</b>		<b>-0,699062</b>	<b>-0,761861</b>	<b>-0,832070</b>
CI3b=(mokra masa- masa plašta)/duljina ljuštore	<b>0,610531</b>				<b>0,630193</b>						<b>-0,638031</b>				
širina ljuštore	<b>0,690779</b>	0,613109	<b>0,625857</b>				<b>0,778508</b>					<b>-0,840511</b>			
CI1=mokra masa/masa ljuštore								<b>0,680169</b>	<b>0,646187</b>						
duljina ligamenta											0,615925				0,611909
WPR				0,709403		<b>0,758105</b>									
PADV							<b>0,631397</b>								
CI2=mokra masa/duljina ljuštore														<b>-0,637090</b>	
CI3=(mokra masa-masa plašta)/duljina ljuštore													<b>-0,679962</b>	<b>-0,666885</b>	
CI4=mokra masa)/duljina ljuštore*visina ljuštore													<b>-0,646829</b>		

	Bi	Cd	Ag	Sb	Ni	Mo	Mn	Co	Sr	As	Se	TBT
duljina ligamenta	<b>-0,637033</b>		<b>-0,635118</b>			<b>-0,776265</b>					-0,712617	
VPR		-0,641521					-0,629924		<b>0,724521</b>	<b>-0,655576</b>		
DPR		-0,644696					-0,665390		<b>0,619851</b>	<b>-0,617075</b>		
volumen ljuštore			<b>0,679515</b>				<b>-0,807476</b>			<b>-0,666903</b>		
CI3b=(mokra masa- masa plašta)/duljina ljuštore			<b>-0,721587</b>								0,657738	
GSI1=masa plašta/mokra masa			<b>0,804952</b>								-0,641251	
GSI 2=masa plašta/duljina ljuštore			<b>0,794670</b>									
visina ljuštore				<b>0,670414</b>			<b>-0,700520</b>			<b>-0,694099</b>		
PADV					<b>0,681211</b>			<b>0,674884</b>				
LPR					<b>0,711918</b>		<b>0,685812</b>					
CI1=mokra masa/masa ljuštore					<b>-0,753669</b>			<b>-0,651660</b>				
CI4=mokra masa)/duljina ljuštore*visina ljuštore					<b>0,659809</b>							
PADP											<b>0,780540</b>	<b>-0,671766</b>
PPAD											<b>0,771989</b>	<b>-0,741684</b>
duljina ljuštore					<b>0,707248</b>		<b>0,665388</b>	<b>0,678853</b>				

## 7. PRILOZI

**Prilog 3.** Korelacije morfometrijskih obilježja, kondicijskih i gonadosomatskih indeksa dagnji *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) uzorkovanih u proljeće 2014. godine i ekoloških čimbenika. Podebljane vrijednosti su korelacije bez postaja Ičići i Mali Ston.

	najniža temperatura zraka (°C) ožujak 1950-2000	površinska temperatura zraka/°C	srednja temperatura površine mora (°C) 2002-2009	klorofil (mgm <sup>-3</sup> ) proljeće 2014	klorofil (mgm <sup>-3</sup> ) zima 2013	dnevna temperatura površine mora (°C), jesen 2013	noćna temperatura površine mora (°C), jesen 2002-2013	dnevna temperatura površine mora (°C), ljeto 2013	noćna temperatura površine mora (°C), ljeto 2013	noćna temperatura površine mora (°C), zima 2013	čestični anorganski ugljik (mgm <sup>-3</sup> ) zima 2013	čestični organski ugljik (mgm <sup>-3</sup> ) proljeće 2014	čestični organski ugljik (mgm <sup>-3</sup> ) zima 2013	dnevna temperatura površine mora (°C), proljeće 2014
volumen ljuštore	0,657734					<b>0,733829</b>								<b>0,634311</b>
širina ljuštore		0,716446	0,616919		<b>-0,711411</b>		0,751919			0,682406	<b>-0,704149</b>		<b>-0,662882</b>	
CI4=mokra masa/duljina ljuštore*visina ljuštore				<b>0,671654</b>								<b>0,671821</b>	<b>-0,620951</b>	
GSI 2=masa plašta/duljina ljuštore					<b>-0,615681</b>						<b>-0,622857</b>			
visina ljuštore								<b>0,654535</b>						
CI2=mokra masa/duljina ljuštore									<b>0,623175</b>					
CI3=(mokra masa-masa plašta)/duljina ljuštore														
GSI1=masa plašta/mokra masa														
CI1=mokra masa/masa ljuštore														

	Cd	Sb	Li	Rb	Mn	As
volumen ljuštore						
širina ljuštore			<b>0,695377</b>			-0,688960
CI4=mokra masa/duljina ljuštore*visina ljuštore						
GSI 2=masa plašta/duljina ljuštore			<b>0,723333</b>			
visina ljuštore		0,622319				
CI2=mokra masa/duljina ljuštore	-0,673373					
CI3=(mokra masa-masa plašta)/duljina ljuštore	-0,614274		<b>-0,927298</b>			
GSI1=masa plašta/mokra masa			<b>0,922620</b>			
CI1=mokra masa/masa ljuštore				<b>0,716744</b>	<b>0,643780</b>	

## 7. PRILOZI

---

**Prilog 4.** Rezultati diskriminantne analize provedene na morfološkim obilježjima, kondicijskim i gonadosomatskim indeksima populacija dagnje *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) uzorkovanih u jesen 2013. godine, bez populacija Ičići i Mali Ston.

	stupnjevi slobode		F za ulazak	p za ulazak
PPAD	11		10,77	0,00000
volumen ljuštore	11		6,72	0,00000
PADV	11		13,26	0,00000
PAL	11		22,09	0,00000
WPR	11		17,11	0,00000
širina ljuštore	11		6,36	0,00000
C2	11		5,51	0,00000
C1	11		24,50	0,00000
VPR	11		10,33	0,00000
duljina ligamenta	11		15,25	0,00000
visina ljuštore	11		4,93	0,00000
C3	11		7,23	0,00000
PAD	11		6,07	0,00000
LPR	11		5,75	0,00000
C4	11		4,45	0,00000
PADP	11		3,87	0,00002
DPR	11		3,51	0,00007

## 7. PRILOZI

**Prilog 5.** Rezultati izračuna Mahalanobiskijih udaljenosti provedenog na morfometrijskim obilježjima populacija dagnje *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) uzorkovanih u jesen 2013. godine, bez populacija Ičići i Mali Ston. (LB=Limski zaljev, PL=Pula, RJ=Rijeka, VL=Viktor Lenac, ZB=Seline, ZM=Zadar Marina, MA=Marina, TM=Trogir Marina, AD=Adriavini, SL=Split, SA=Mljet, GZ=Gruž).

Postaja	AD	GZ	LB	MA	PL	RJ	SA	SL	TM	VL	ZB	ZM
AD	0,00	5,08	4,45	4,67	6,69	3,77	13,61	6,78	2,74	9,53	8,54	6,32
GZ	5,08	0,00	2,73	7,32	5,83	3,44	6,07	4,46	4,29	5,33	11,53	7,41
LB	4,45	2,73	0,00	6,44	4,33	3,76	5,27	4,13	3,66	2,88	6,17	7,92
MA	4,67	7,32	6,44	0,00	9,95	6,96	14,70	11,90	4,50	7,38	5,21	12,03
PL	6,69	5,83	4,33	9,95	0,00	5,27	8,47	5,43	4,51	7,50	10,53	3,54
RJ	3,77	3,44	3,76	6,96	5,27	0,00	9,20	6,77	2,25	8,44	8,77	5,03
SA	13,61	6,07	5,27	14,70	8,47	9,20	0,00	11,32	11,55	7,75	14,12	15,51
SL	6,78	4,46	4,13	11,90	5,43	6,77	11,32	0,00	7,73	9,53	15,17	7,25
TM	2,74	4,29	3,66	4,50	4,51	2,25	11,55	7,73	0,00	6,34	6,68	3,52
VL	9,53	5,33	2,88	7,38	7,50	8,44	7,75	9,53	6,34	0,00	4,97	13,04
ZB	8,54	11,53	6,17	5,21	10,53	8,77	14,12	15,17	6,68	4,97	0,00	14,45
ZM	6,32	7,41	7,92	12,03	3,54	5,03	15,51	7,25	3,52	13,04	14,45	0,00

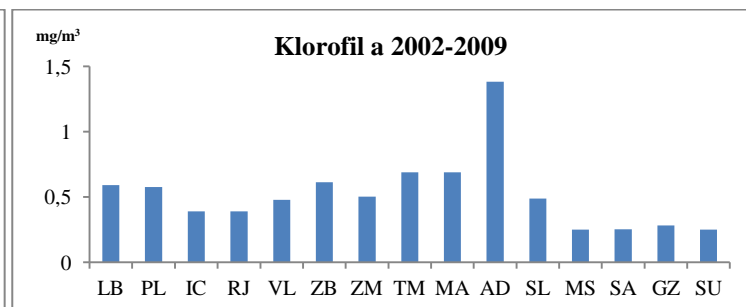
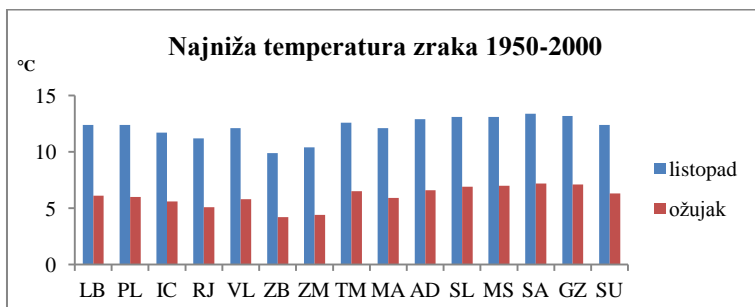
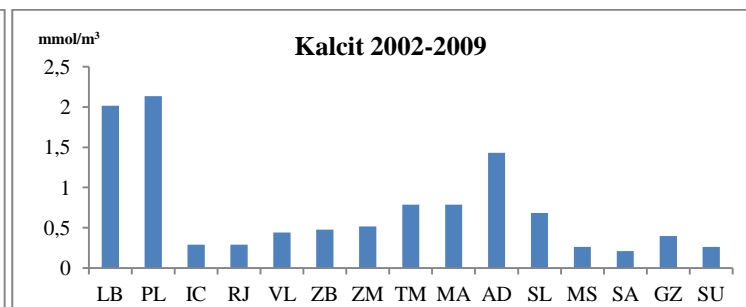
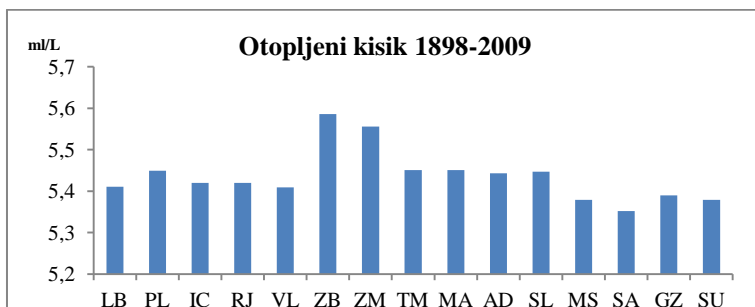
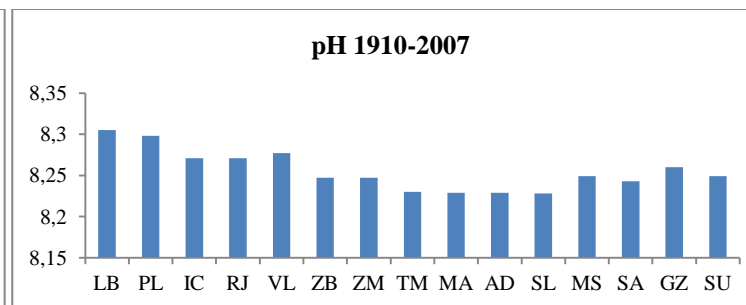
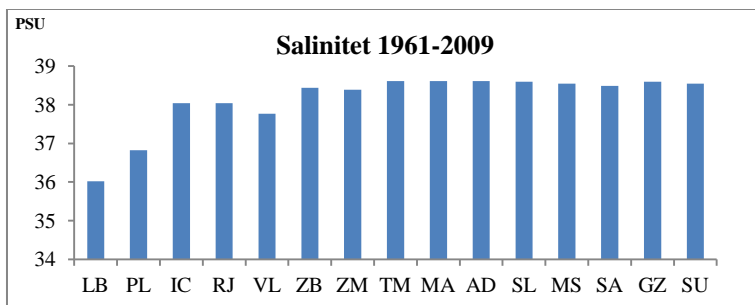
## 7. PRILOZI

**Prilog 6.** Postotak populacija točno svrstanih u pripadajuću populaciju korištenjem metode klasifikacije unutar diskriminantne analize, provedene na morfometrijskim obilježjima, kondicijskim i gonadosomatskim indeksima populacija dagnje *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819) uzorkovanih u jesen 2013. godine. U analizu nisu uključene jedinice s postaja Ičići i Mali Ston. (LB=Limski zaljev, PL=Pula, RJ=Rijeka, VL=Viktor Lenac, ZB=Seline, ZM=Zadar Marina, MA=Marina, TM=Trogir Marina, AD=Adriavinil, SL=Split, SA=Mljet, GZ=Gruž).

Postaja	postotak	AD	GZ	LB	MA	PL	RJ	SA	SL	TM	VL	ZB	ZM
LB	24,49	4,00	11,00	24,00	0,00	4,00	9,00	10,00	9,00	7,00	15,00	4,00	1,00
TM	31,07	12,00	9,00	4,00	5,00	6,00	16,00	0,00	2,00	32,00	4,00	2,00	11,00
GZ	42,16	6,00	43,00	4,00	4,00	1,00	7,00	5,00	12,00	6,00	7,00	2,00	5,00
PL	47,12	7,00	3,00	3,00	2,00	49,00	5,00	4,00	12,00	6,00	3,00	4,00	6,00
AD	47,71	52,00	11,00	1,00	11,00	3,00	11,00	1,00	2,00	9,00	1,00	0,00	7,00
RJ	54,37	5,00	10,00	5,00	4,00	3,00	56,00	0,00	3,00	12,00	0,00	0,00	5,00
VL	58,65	2,00	1,00	9,00	8,00	3,00	2,00	3,00	7,00	2,00	61,00	4,00	2,00
SA	62,00	0,00	10,00	4,00	2,00	5,00	1,00	62,00	2,00	0,00	14,00	0,00	0,00
ZM	69,52	6,00	1,00	0,00	0,00	8,00	8,00	1,00	3,00	5,00	0,00	0,00	73,00
ZB	73,83	2,00	0,00	5,00	6,00	2,00	1,00	0,00	1,00	4,00	7,00	79,00	0,00
SL	73,87	1,00	8,00	5,00	1,00	4,00	0,00	2,00	82,00	1,00	1,00	0,00	6,00
MA	73,91	6,00	1,00	3,00	85,00	0,00	3,00	0,00	2,00	5,00	2,00	8,00	0,00
Ukupno	55,35	103,00	108,00	67,00	128,00	88,00	119,00	88,00	137,00	89,00	115,00	103,00	116,00

## 7. PRILOZI

**Prilog 7.** Podatci za temperaturu zraka (Worldclim), pH, otopljeni kisik, salinitet (Bio–Oracle, podatci dobiveni dugoročnim in situ mjerenjima), kalcit i klorofil a (Bio–Oracle, podatci dobiveni obradom satelitskih snimki) na promatranim lokalitetima (LB=Limski zaljev, PL=Pula, IC=Ičići, RJ=Rijeka, VL=Viktor Lenac, ZB=Seline, ZM=Zadar Marina, MA=Marina, TM=Trogir Marina, AD=Adriavinil, SL=Split, MS=Mali Ston, SA=Mljet, GZ=Gruž).



## 7. PRILOZI

**Prilog 8.** Korelacije između morfolometrijskih obilježja, kondicijskih i gonadosomatskih indeksa između dagnji uzorkovanih u jesen 2013. i onih uzorkovanih u proljeće 2014. godine (P=proljeće, J=jesen). Crvene vrijednosti su statistički značajne korelacije.

	visina ljuštore (J)	širina ljuštore/visina	širina ljuštore (J)	volumen ljuštore (J)	CI1=mokra masa/masa ljuštore (J)	CI2=mokra masa/duljina ljuštore (J)	CI3=(mokra masa-masa plašta)/duljina	CI3b=(mokra masa-masa plašta)/duljina	CI4=(mokra masa/duljina ljuštore)*visina	GSI1=masa plašta/mokra masa (J)	GSI 2=masa plašta/duljina ljuštore (J)
visina ljuštore (P)	<b>0,60</b>	0,17	0,51	0,53	-0,40	0,47	0,53	-0,02	0,40	0,12	0,34
širina ljuštore/visina ljuštore (P)	0,04	0,08	0,10	0,24	0,01	-0,07	-0,09	0,04	-0,16	-0,05	-0,06
širina ljuštore (P)	0,40	0,19	0,42	<b>0,58</b>	-0,23	0,20	0,21	0,04	0,06	0,02	0,13
volumen ljuštore (P)	0,50	0,17	0,45	<b>0,86</b>	-0,11	0,11	0,13	0,39	-0,12	-0,30	-0,06
CI1=mokra masa/masa ljuštore (P)	-0,46	-0,37	<b>-0,62</b>	<b>-0,58</b>	0,52	-0,34	-0,38	0,08	-0,27	-0,16	-0,27
CI2=mokra masa/duljina ljuštore (P)	0,28	-0,26	-0,07	-0,23	-0,08	0,46	0,46	-0,46	0,50	0,47	0,48
CI3=(mokra masa-masa plašta)/duljina ljuštore (P)	0,22	-0,14	0,01	-0,23	-0,11	0,40	0,43	-0,35	0,50	0,37	0,40
CI3b=(mokra masa-masa plašta)/duljina ljuštore (P)	-0,24	0,08	-0,07	-0,11	0,16	-0,24	-0,21	0,35	-0,18	-0,34	-0,29
CI4=(mokra masa/duljina ljuštore)*visina ljuštore (P)	0,43	-0,02	0,24	-0,06	-0,39	<b>0,61</b>	<b>0,63</b>	<b>-0,56</b>	<b>0,68</b>	<b>0,59</b>	<b>0,62</b>
GSI1=masa plašta/mokra masa (P)	0,25	-0,08	0,07	0,08	-0,17	0,28	0,24	-0,38	0,22	0,38	0,33
GSI 2=masa plašta/duljina ljuštore (P)	0,35	-0,23	0,00	-0,09	-0,15	0,47	0,45	<b>-0,54</b>	0,46	<b>0,54</b>	0,52

## 8. ŽIVOTOPIS

Barbara Burčul

### Osobni podatci

- Datum i mjesto rođenja: 15.02.1991. godine, Zadar, Republika Hrvatska
- Adresa prebivališta: Ivana Lucića 18, 23 000 Zadar
- Email: barbara.burcul@gmail.com

### Završeno obrazovanje:

- Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno–matematički fakultet, Biološki odsjek, preddiplomski studij, smjer: Znanosti o okolišu (sveučilišna prvostupnica struke Znanosti o okolišu)
- Gimnazija „Jurja Barakovića“, Zadar, smjer: opća gimnazija
- Osnovna i srednja glazbena škola „Blagoje Bersa“, Zadar, smjer: glazbenik gitarist
- Osnovna škola „Smiljevac“, Zadar

### Dodatne aktivnosti:

- Završena speleološka škola u SO Velebit, Zagreb: speleolog pripravnik
- Položen tečaj za ronioca s 1 zvjezdicom (CMAS) u RK Geronimo, Zagreb
- Položen B1 stupanj njemačkog jezika (po ZEROJ–u)
- Članica edukacijskog odbora Udruge studenata biologije „BIUS“