

# "Komparativne morfometrijske značajke plavog raka *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 u jugoistočnom Jadranu"

---

Rukavina, Tea

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:990130>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-28**



SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
ODJEL ZA PRIMIJENJENU EKOLOGIJU  
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Tea Rukavina

KOMPARATIVNE MORFOMETRIJSKE ZNAČAJKE PLAVOG RAKA *Callinectes sapidus*  
Rathbun, 1896 U JUGOISTOČNOM JADRANU

DIPLOMSKI RAD

Dubrovnik, 2022.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
ODJEL ZA PRIMIJENJENU EKOLOGIJU  
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Tea Rukavina

KOMPARATIVNE MORFOMETRIJSKE ZNAČAJKE PLAVOG RAKA *Callinectes sapidus*  
Rathbun, 1896 U JUGOISTOČNOM JADRANU

DIPLOMSKI RAD

Mentor: izv. prof. dr. sc. Marijana Pećarević

Komentor: doc. dr. sc. Tatjana Dobrosravić

Dubrovnik, 2022.

Ovaj diplomski rad izrađen je pod stručnim vodstvom izv. prof. dr. sc. Marijane Pećarević i doc. dr. sc. Tatjane Dobroslavić, u sklopu diplomskog studija Marikultura na Odjelu za primijenjenu ekologiju Sveučilišta u Dubrovniku.

## SAŽETAK

Plavi rak, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, predmet je znanstvenih istraživanja već više od 100 godina. Većina početnih istraživanja plavog raka bila su sažeto opisana i pružala su samo gledišta o prirodnoj povijesti rakova. Plavi rak pripada razredu deseteronožnih (dekapodnih) rakova unutar porodice Portunidae.

Porijeklom je s atlantske obale od Nove Škotske, Kanade do sjeverne Argentine. Tijekom prošlog stoljeća zabilježen je u Africi, Aziji i Europi, daleko od svog izvornog područja, a najvjerojatniji vektor unošenja bile su balastne vode. Prvi zapis u Hrvatskoj bio je mužjak ulovljen na ušću Neretve 2004., nakon čega se ova vrsta sve češće bilježi i na drugim lokalitetima južno od mjesta prvog unosa .

Istraživanja ove vrste u Jadranskom moru imaju za cilj otkriti je li vrsta uspostavila populaciju na određenoj lokaciji. Značajan porast brojnosti populacije *C. sapidus* može imati ozbiljne posljedice za autohtone zajednice, kao i za uzgajališta školjkaša i za ribarstvo, jer ova vrsta oštećuje ribarske mreže kao i ribe koje su ulovljene u njima. S druge strane, smatra se delikatesom i ima iznimnu komercijalnu važnost u Sjevernoj Americi, Europi i u Japanu. Stoga bi se trebao lokalno promovirati kao novi izvor hrane, što bi moglo potaknuti izlov te na taj način smanjiti njegove populacije i potencijalne negativne utjecaje na autohtonu floru i faunu.

Ključne riječi: plavi rak, vektori unosa, alohtone vrste, invazivne vrste, ribarstvo

## ABSTRACT

The blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, has been the subject of scientific research for more than 100 years. Most of the initial research on blue crab was briefly described and provided only views on the natural history of crab. Blue crab belongs to the class of ten-legged (decapod) crabs within the family Portunidae.

It is native to the Atlantic coast from Nova Scotia, Canada to northern Argentina. Over the past century, they have been recorded in Africa, Asia and Europe, far from their native habitat, and the most likely vector is ballast water intake. The first record in Croatia was a male caught at the mouth of the Neretva in 2004, after which this species is increasingly recorded in other localities south of the place of first introduction.

Research on this species in the Adriatic Sea aims to find out whether the species has established a population in a particular location. A significant increase in the abundance of the population of *C. sapidus* can have serious consequences for native communities, as well as for shellfish aquaculture and fisheries, as this species damages fishing nets as well as the fish caught in them. On the other hand, it is considered a delicacy and has exceptional commercial importance in North America, Europe, and Japan. Therefore, it should be promoted locally as a new food source, which could encourage fishing them and thus reduce its populations and potential negative impacts on native flora and fauna.

Key words: blue crab, input vectors, non-indigenous species, invasive species, fisheries

## Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 1.1. Taksonomija rakova .....                                   | 1  |
| 1.2. Biološke karakteristike plavog raka .....                  | 3  |
| 1.2.1. Razmnožavanje i razvoj.....                              | 7  |
| 1.3. Rasprostranjenost plavog raka .....                        | 10 |
| 1.3.1. Širenje plavog raka u Sredozemlju i Jadranu .....        | 10 |
| 1.3.2. Vektori unosa plavog raka.....                           | 13 |
| 1.4. Dosadašnja istraživanja plavog raka u Jadranskom moru..... | 15 |
| 1.5. Svrha i ciljevi istraživanja .....                         | 15 |
| 2. MATERIJALI I METODE .....                                    | 17 |
| 2.1. Područje istraživanja .....                                | 17 |
| 2.1.1. Ušće rijeke Neretve .....                                | 17 |
| 2.1.2. Župski zaljev.....                                       | 18 |
| 2.2. Obrada prikupljenih uzoraka .....                          | 19 |
| 2.3. Indeks kondicije .....                                     | 19 |
| 2.4. Statistička obrada podataka .....                          | 19 |
| 3. REZULTATI.....   | 20 |
| 3.1. Ušće rijeke Neretve .....                                  | 20 |
| 3.1.1. Analiza sastava populacije plavog raka.....              | 20 |
| 3.1.2.. Indeks kondicije.....                                   | 23 |
| 3.2. Župski zaljev .....  | 24 |
| 3.2.1. Indeks kondicije.....                                    | 28 |
| 4. RASPRAVA .....   | 29 |
| 5. ZAKLJUČAK.....   | 32 |
| 6. LITERATURA .....   | 33 |

## 1. UVOD

Plavi rak *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Slika 1) predmet je znanstvenih istraživanja već više od 100 godina. Ovaj rak je ključni grabežljivac u plitkim estuarijskim i obalnim područjima i od velike je važnosti za komercijalno ribarstvo duž obala Atlantskog i zaljevskog područja Sjedinjenih Država. Vrsta je predmet širokog znanstvenog proučavanja već 125 godina, s prvim opisima s početka 20. stoljeća. Većina tih početnih istraživanja plavog raka bila su sažeto opisana i pružala su samo gledišta o prirodnoj povijesti rakova (Epifanio, 2007). No bez obzira na izvanredan interes za ovu vrstu, neki vrlo važni aspekti njene rane povijesti ostali su zagonetni (Epifanio, 2019).



Slika 1. Plavi rak *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Izvor: [www.thoughtco.com](http://www.thoughtco.com))

### 1.1. Taksonomija rakova

Rakovi (*Crustacea*) pripadaju koljenu člankonožaca (*Arthropoda*). Prema Ruppertu i Barnesu (1994) razlikuje se 11 razreda: Remipedia, Cephalocarida, Branchiopoda, Ostracoda, Copepoda, Mystacocarida, Branchiura, Pentastomidia, Tantulocarida, Cirripedia i Malacostraca.



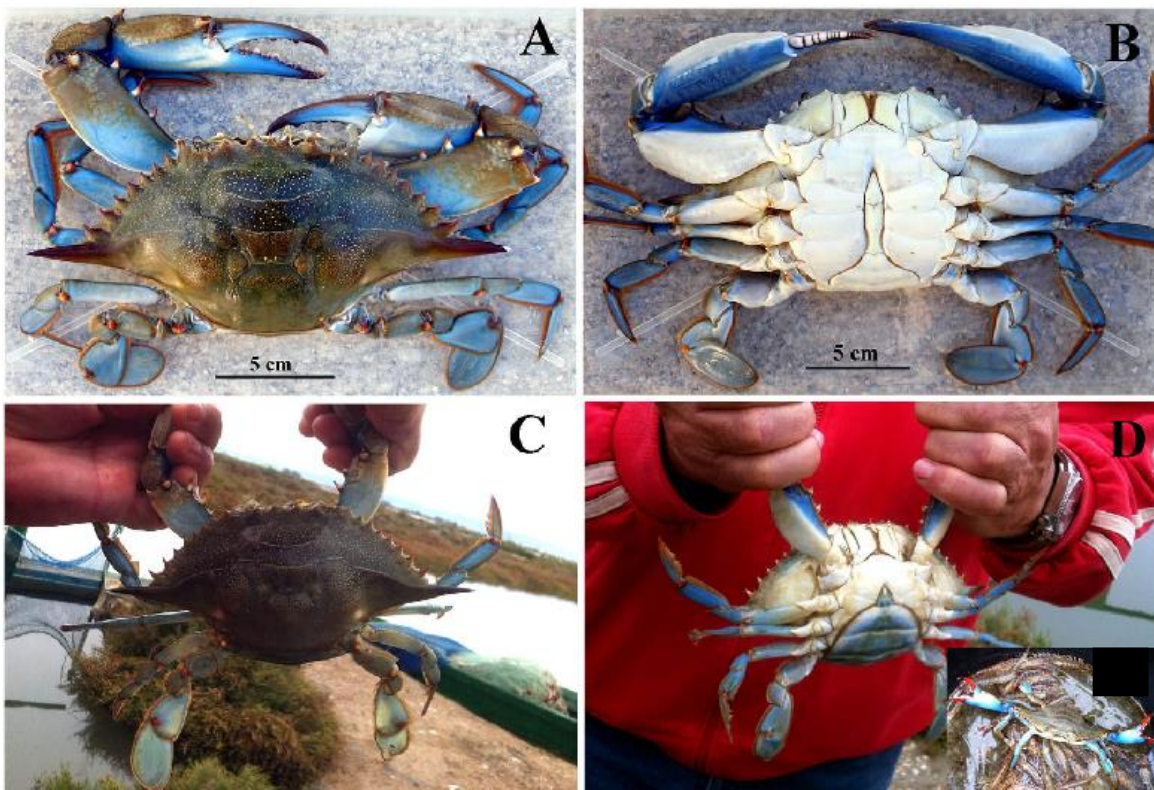
1. Remipedia je skupina malih račića koji obitavaju u dubokim špiljama koje su povezane s morskom vodom, zvane anhialine špilje. Nemaju oči, karnivorni su oblici, a po spolnom sustavu su hermafroditi. Do danas je poznato 10 vrsta koje su raspoređene u 6 rodova (Habdija i sur., 2011).
2. Cephalocarida su primitivni oblici koji se hrane epibentonskim naslagama. Nemaju funkcionalne oči i hermafroditi su. Do danas je opisano 10 vrsta sakupljenih u pijesku i mulju mora, od područja mediolitoralne stepenice do dubina od 1550 m (Habdija i sur., 2011).
3. Branchiopoda (škrgonošci) je skupina sitnih rakova koji žive uglavnom u slatkim vodama. Do sada je opisano oko 800 vrsta ovog razreda. Primitivno obilježje škrgonožaca jest prisutnost homonomne metamerije. Najbrojnija skupina škrgonožaca su rašljoticalci (Cladocera) od kojih su najpoznatije vodenbuhe (*Daphnidae*) (Habdija i sur., 2011).
4. Ostracoda (luskari) su sitni rakovi, veliki svega nekoliko milimetara ili manje. Tijelo im je potpuno zatvoreno dvodijelnim karapaksom koji slični ljušturama školjkaša. Razdvojena su spola, a razmnožavaju se i partenogenezom. Žive u moru i u slatkim vodama. Do danas je opisano preko 6000 recentnih vrsta i oko 10000 fosilnih vrsta (Habdija i sur., 2011).
5. Copepoda (veslonošci) su većinom planktonski morski oblici. Nametnički oblici napadaju morske i slatkovodne životinje, pogotovo ribe. Većina ih se hrani fitoplanktonom, a sami predstavljaju hranu mnogim morskim organizmima. Veslonošci su vrlo raznolika skupina s oko 11500 opisanih vrsta od kojih je oko 1000 nametničkih oblika. U Jadranskom moru poznato je oko 650 vrsta od kojih je 230 planktonskih. (Hure i Kršinić, 1998). Najčešće i najprepoznatljivije su vrste redova: Calanoida, Harpacticoida i Cyclopoida (Habdija i sur., 2011).
6. Mystacocarida su skupina koja ima samo nauplijevo oko, razdvojena su spola i hrane se detritusom. Sitni su račići duljine oko 0,5 mm. Do sada je opisano 9 vrsta koje su nađene u obalnim područjima sjevernog i južnog Atlantskog oceana (Habdija i sur., 2011).
7. Branchiura (škrvorepci) su sitni rakovi koji žive kao vanjski nametnici na koži ili u škržnoj šupljini riba. Nazivaju ih još i ribljim ušima. Imaju sastavljene oči. Razdvojena su spola. Opisano je oko 150 vrsta, a najveća je vrsta šaranova uš ili šaranov škrvorepac (Habdija i sur., 2011).

8. Pentastomida (jezičari) je razred koji broji oko 100 nametničkih vrsta koje žive u dišnom sustavu kralježnjaka. U 90 % slučajeva domadari su gmazovi (Habdija i sur., 2011).
9. Tantulocarida žive kao ektoparaziti na drugim dubokomorskim rakovima. Poznat je mali broj vrsta ovog razreda (Habdija i sur., 2011).
10. Cirripedia (vitičari) su jedini sjedilački rakovi. Svi su isključivo morski oblici. Smatra se da dvije trećine od 900 opisanih vrsta žive pričvršćene na kamenju, ljušturama, koraljima, plutajućem drvu ili drugim predmetima u moru. Neki su razdvojena spola, dok su neki hermafroditi. Taksonomski, vitičari su podijeljeni u tri reda: Ascothoracica, Thoracica i Rhizocephala (korjenoglavci) (Habdija i sur., 2011).
11. Malacostraca (viši rakovi) su najčešće razdvojena spola. To je najraznolikija skupina rakova s otprilike 40000 vrsta. Taksonomski su podijeljeni u dva podrazreda: Phyllocarida (tankoljuskaši) i Eumalacostraca. Raspored kolutića kod rakova iz podrazreda Phyllocarida je akron + 5-8-7 + telzon, a iz podrazreda Eumalacostraca je akron + 5-8-6 + telzon. Podrazred Eumalacostraca je podijeljen u četiri nadreda: (a) Hoplocarida su svi recentni hoplokaridi, njih oko 350 vrsta, koji pripadaju skupini ustonožaca (Stomatopoda), a u Jadranskom moru čest je obični kozorepac ili vabić; (b) Syncarida (nepravilnojuskaši) je skupina od oko 200 opisanih vrsta; (c) Eucarida je skupina kojoj pripada najveći broj vrsta iz reda Decapoda (deseteronošci), a manji broj redovima Euphausiacea (svjetlari, kril) i Amphionidacea. Decapoda (deseteronošci) je skupina u kojoj je poznato otprilike 18000 vrsta raspoređenih u 7 podredova od kojih su poznatiji: Caridea, Brachyura (kratkorepci), Anomura (srednjerepci), Astacidae i Palinura (dugorepci); (d) Peracarida je taksonomski razdijeljen u 9 redova, a najpoznatiji su: Mysidacea (rašljonošci), Cumacea (tankorepci), Amphipoda (rakušci), Isopoda (jednakonošci) i Tanaidacea (Habdija i sur., 2011).

## 1.2. Biološke karakteristike plavog raka

Plavi rak pripada razredu deseteronožnih (dekapodnih) rakova unutar porodice Portunidae. Svijetloplave je boje duž frontalnog područja dok je ostatak tijela zasjenjen maslinasto-smeđom bojom. Prvi par nogu je modificiran u kliješta, a posljednja četiri para su noge za hodanje (Slika 2A). Da bi se prilagodili plivanju, zadnji je par nogu modificiran u oblik nalik veslu (Slika 2C) ([www.cabi.org](http://www.cabi.org)).

Prosječna širina oklopa je oko 17,8 cm (maksimalna širina kod mužjaka iznosi 22,7 cm, a kod ženke 20,4 cm), a duljina 10,2 cm (maksimalna duljina iznosi 20 cm). Kada u potpunosti naraste, teži 1 do 2 kilograma. Kliješta rakova različite su nijanse plave, ali vrhovi kliješta kod ženke su crvene boje (www.cabi.org). Mužjaci se dijelom oslanjaju na boje kako bi odabrali odgovarajuću partnericu, a ti kromatični znakovi mogu se opaziti kroz interakciju dva fotoreceptora s maksimalnom osjetljivošću za valne duljine od 440 i 508 nm (Baldwin i Johnsen, 2012). Spolna zrelost može se prepoznati po trbušnom pregibu - mužjaci imaju trbuh u obliku slova T (Slika 2B) koji doseže razinu torakalnog sternita; tanki prvi pleopodi s membranskim vrhom koji seže izvan šava između torakalnih sternita; vijugavo zakrivljeni, preklapajući se proksimalno i položeni distalno s nizom velikih i malih retrogradnih spinula, a kod ženka je trbuh širi (Slika 2D) (www.cabi.org).



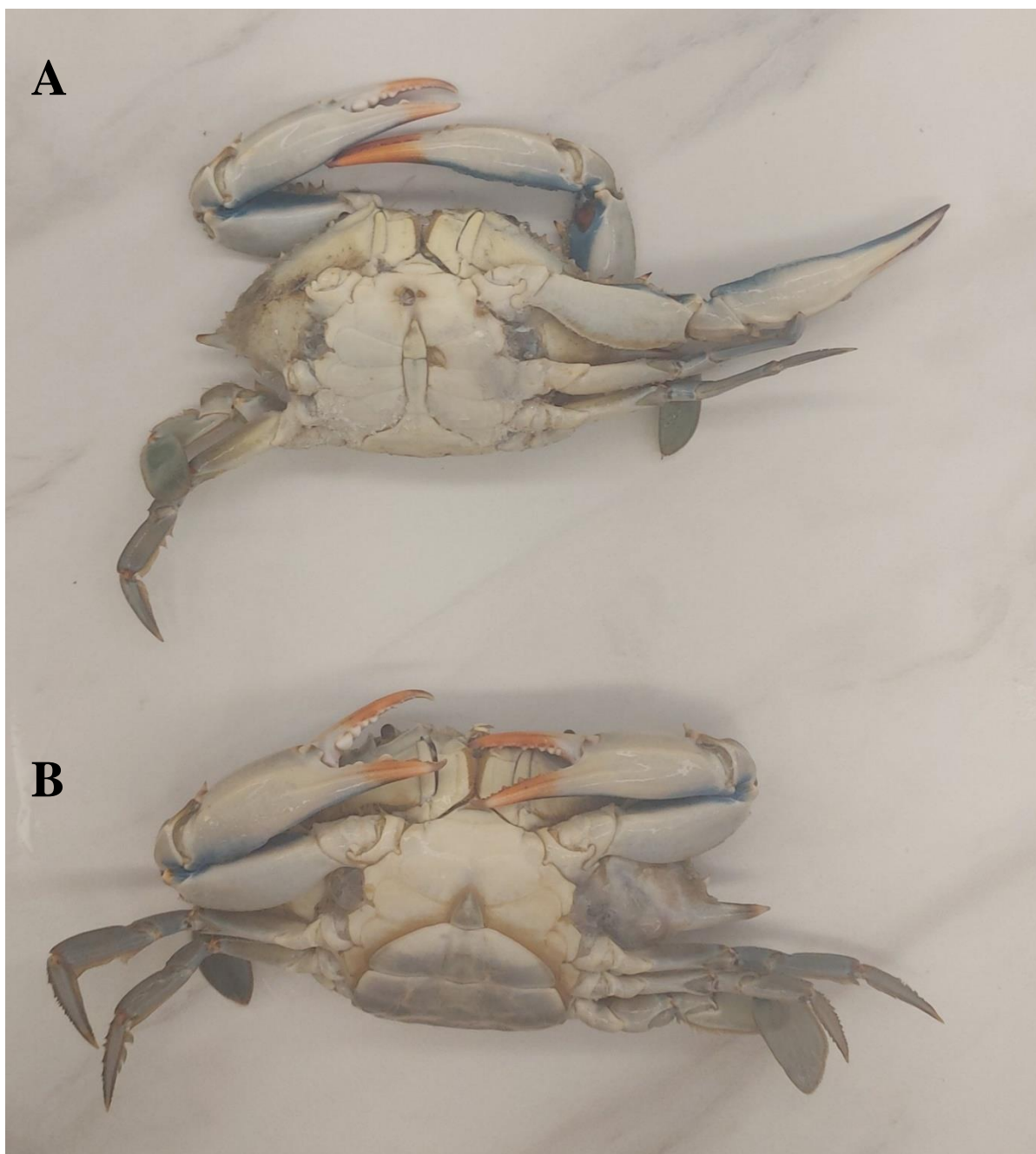
Slika 2. Vanjski izgled plavog raka (Izvor: www.semanticscholar.org)

Egzoskelet rakova i njihovih srodnika sastoji se od tvrde kutikule. Površina kutikule sastoji se od tankog voštanog sloja koji je čini vodootpornom. Ispod ovoga nalazi se teži sloj koji se sastoji od proteina i hitina, fleksibilne rožnate tvari koja egzoskeletu daje elastična svojstva. U krutijim dijelovima tijela kutikula ima srednji sloj nastao infiltracijom dijelova prva dva sloja i vapnenih soli, uglavnom karbonata i fosfata. Fleksibilni spojevi stoga su omogućeni izmjenom krutih područja s fleksibilnim membranama koje dopuštaju kretanje. Za rast je potrebno presvlačenje (ekdizis), tj. odbacivanje stare kutikule i stvaranje nove i veće. Osnovna membrana ili hipoderma je važno tkivo koje stvara egzoskelet. Hipoderma apsorbira neke mineralne soli i organske tvari iz stare kutikule prije odbacivanja. Smatra se da se ova resorpcija događa osobito na stražnjem dijelu glavopršnjaka duž linije gdje se odvaja od ostatka egzoskeleta. Većina fosfora i dio kalcija pohranjuju se u mekim tkivima raka kako bi se upotrijebili za stvaranje novog egzoskeleta. Promjenom staništa kod životinja može doći do promjena boje. Pažljivim uklanjanjem hipoderme pincetom mogu se vidjeti škrge koje su zatvorene u čvrstu, prozirnu kutikulu (Newcombe, 1945).

Hepatopankreas ili jetra zauzima prednji dio blizu nazubljenog ruba glavopršnjaka. Pojavljuje se kao sivkasto žuti organ koji ima reznjeve s razgranatim reznjićima, čiji se krajevi odvajaju kada dođu u doticaj s vodom. Jetra se proteže u središnje i dublje dijelove tijela ispod želuca i srca tako da ispunjava velik dio tjelesne šupljine. Utvrđeno je da postoji značajno skladištenje kalcijevog fosfata u jetri prije promjene egzoskeleta (vanjskog skeleta). Nakon promjene egzoskeleta ta se zaliha očito koristi za stvrđnjavanje novog egzoskeleta. Dio kalcija pohranjenog u ostalim mekim tkivima također se koristi odmah nakon presvlačenja. Prednji dio ispod glavopršnjaka je kruškolikog oblika. Endoskelet (unutarnji skelet) čine uvrati vanjskog skeleta. Unutarnji skelet podupire i drži organe, a pojavljuje se i unutar želudca gdje čini zubiće žvačnog želuca tipičnog za rakove, u kojemu se hrana drobi i miješa s probavnim enzimima. U blizini središta tjelesne šupljine nalazi se membrana, perikard. Perikardijalna šupljina sadrži srce koje je mesnati organ i oblikom podsjeća na sedlo. Na prednjem kraju mogu se vidjeti sinusi kroz koje krv iz škrge obogaćena kisikom ulazi u srce i dalje se pumpa u arterije, a odatle u različite dijelove tijela (Newcombe, 1945).

*C. sapidus* dostiže spolnu zrelost za 12 do 18 mjeseci i može živjeti i do 3 godine. Različite faze života plavog raka imaju različite nazive u svom izvornom području: *jimmies* (odrasli mužjaci s tvrdim egzoskeletom (Slika 3A)); *sooks* (odrasle ženke s tvrdim egzoskeletom (Slika 3B)); *sallies*

(spolno nezrele ženke s tvrdim egzoskeletom); *sponge* (odrasle ženke s tvrdim egzoskeletom koje nose jaja u masi nalik na spužvu); *peelers* (rakovi s potpuno razvijenim mekim egzoskeletom ispod tvrdog); *busters* (rakovi koji su počeli odbacivati stari egzoskelet); *softshells* (rakovi s mekom kutikulom, koji su upravo odbacili stari egzoskelet) ([www.cabi.org](http://www.cabi.org)).



Slika 3. Mužjak (A) i ženka (B) plavog raka *Callinectes sapidus* (Fotografija: Marijana Pećarević)

Plavi rak živi na dnu i podnosi visok raspon različitih okolišnih uvjeta, od vode visokog saliniteta u zaljevima do gotovo slatke vode u uvalama gdje se ulijevaju rijeke. Ova vrsta posebno je česta na ušćima rijeka. Stanište plavog raka kreće se od linije oseke do 36 metara dubine. Ženke ostaju u dijelovima estuarija s većim salinitetom, posebno pri polaganju jaja. Tijekom zime kada je temperatura vode niža, *C. sapidus* migrira u dublja područja. Iako prirodno nastanjuje obalu zapadnog Atlantskog oceana od Nove Škotske do Argentine, uveden je, slučajno ili namjerno, u Aziju i Europu. Također ga se nalazi na Havajima i Japanu. Plavi rak je rasprostranjen od Cape Coda do Urugvaja, ali dolazi i sjeverno, barem do zaljeva Massachusetts (www.cabi.org).

### ***1.2.1. Razmnožavanje i razvoj***

Razmnožavanje kod plavih rakova uključuje opsežna udvaranja pod utjecajem feromona, nakon čega slijedi parenje, čuvanje sperme i unutarnja oplodnja jajašaca (Jivoff i sur., 2007).

Boja reproduktivnih organa ili spolnih žlijezda zrele ženke varira od svijetlo sive do svijetlo narančaste ovisno o stupnju njihovog razvoja. Dva su jajnika poprečno povezana blizu stražnjeg kraja želuca i linearno se protežu u prednjem i bočnom smjeru. Kad sazriju, jajnici su jako rastegnuti i zauzimaju veliki dio tjelesne šupljine. Leže na vrhu jetre. Kod oplodjenih ženki, se u središnjem dijelu neposredno ispred srca nalaze dvije velike sjemene vrećice, ružičasto-narančaste boje. Ovdje se spermatozoidi mogu čuvati i do godinu dana ili više. Tijekom mrijesta jajašca prolaze kroz sjemene vrećice i oplođuju se na putu prema vanjskoj strani tijela. Reproductivni organi mužjaka, testisi, zauzimaju položaj sličan položaju jajnika, i proizvode i skladište stanice spermija. Svaki testis se sastoji od dvije male bočne cijevi sa povezujućom poprečnom cijevi i karakterističnim naborima. Sa svake strane testisa i u središnjem položaju tijela nalaze se namotane cijevi sjemenovoda (*vas deferens*) koje služe za držanje i transport spermija prema vanjskoj strani tijela. Dijelovi sjemenovoda u obliku zrna nalaze se sa svake strane šupljine i svijetloružičaste su boje (Newcombe, 1945).

Ženke plavih rakova dostižu maksimalnu veličinu (>130 mm širine glavopršnjaka) i spolnu zrelost nakon 17–19 postličinačkih presvlačenja. Nakon toga ne mijenjaju oklop dok ne uginu. Pojava konačne faze promjene oklopa u ženki rakova povezana je s degeneracijom Y-organa,

žlijezde koja proizvodi hormone koji stimuliraju presvlačenje, i kontinuiranim funkcioniranjem X-organa, odnosno žlijezde koja proizvodi hormone koji inhibiraju presvlačenje. Parenje kod ženki plavih rakova događa se tijekom meke faze neposredno nakon presvlačenja, a ženke nisu sposobne za dodatno parenje nakon što se egzoskelet kalcificira. Suprotno tome, mužjaci su potpuno kalcificirani u vrijeme parenja. Čitav postupak udvaranja i parenja može uključivati čak 17 eksplicitnih ponašanja koja služe za zaštitu ranjivih ženki od grabežljivaca i olakšavanje pristupa odgovarajućim mužjacima (Jivoff i sur., 2007). Formiranje parova potiču feromoni koje oslobađaju zreli mužjaci i ženke. Ove kemijske znakove percipiraju kemosenzorne strukture koje su koncentrirane na vanjskim bičevima prvih antenula rakova. Nakon oplodnje ženke formiraju spužvastu masu na truhu u kojoj se nalaze oplodena jajašca (Slika 4) (Epifanio, 2019).

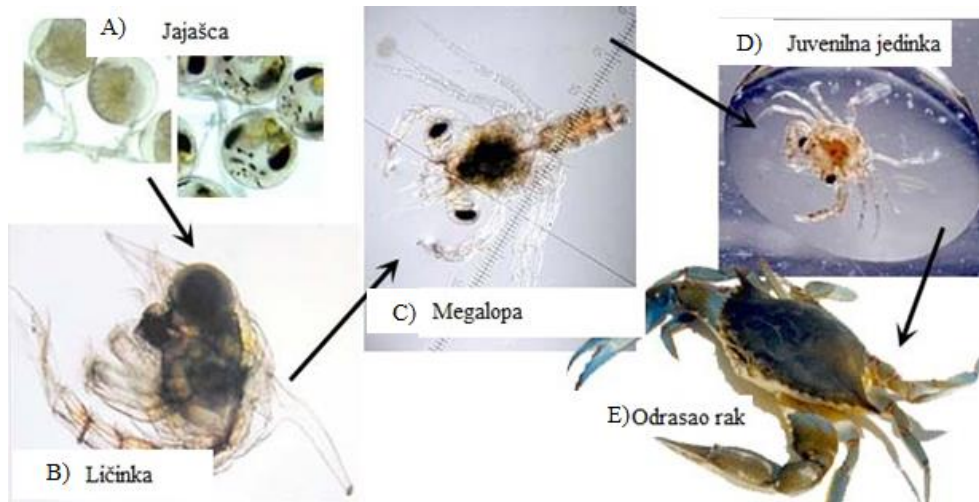


Slika 4. Ženka sa spužvastom masom u kojoj su jajašca (Izvor: bugguide.net)

Parenje plavih rakova događa se tijekom tople sezone u regijama ušća rijeka gdje je salinitet često ispod granice tolerancije za ličinke i rane razvojne stadije. Oplodene ženke migriraju s područja parenja do obalnih područja većeg saliniteta, gdje se jaja izvaljuju. Migracija se odvija u dvije faze, pri čemu mogu preći udaljenosti veće od 200 km. Prije migracije oplodene ženke ostaju na mjestima parenja kako bi se oporavile od presvlačenja i parenja. Prva faza migracije započinje

tijekom jeseni nakon parenja i uključuje prezimljavanje velikih skupina oplođenih ženki duž migracijskog puta. Ženke nastavljaju migraciju sljedećeg proljeća i do ljeta dolaze do područja s visokim salinitetom u obalnom području, gdje se izvaljuju i otpuštaju ličinke. U ovom dijelu migracije, ženke plivaju prema gore u vodenom stupcu tijekom plime i padaju na dno tijekom oseke, što olakšava i ubrzava migraciju (Epifanio, 2019).

Razvoj ličinki uključuje sedam zoea stadija nakon kojih slijedi jedan megalopa stadij (Slika 5).



Slika 5. Faze razvoja plavog raka, *Callinectes sapidus* (Izvor: cmast.ncsu.edu)

Za razvoj zoea potrebno je 3-4 tjedna u povoljnim uvjetima, dok je trajanje megalopa stadija varijabilnije i ovisi o brojnim kemijskim i fizikalnim čimbenicima (Epifanio, 2007). Zoea (faze ličinki) su snažni plivači u usporedbi s većinom zooplanktona, što omogućuje održavanje položaja visoko u vodenom stupcu (Epifanio, 1995). Međutim, brzina plivanja ličinki plavih rakova sporija je od brzine površinskih struja, a ličinke se ne mogu kretati vodoravnim plivanjem pa je transport ličinki pod utjecajem interakcije između kontinuiranog vertikalnog plivanja i cirkulacije površinske vode na koju utječu strujanja iz ušća kao i ona izazvana vjetrom i povezana s regionalnim vremenskim obrascima i događajima (Epifanio, 2019). Razvoj zoea događa se u otvorenom obalnom području, a razvoj ovisi o transportu megalopa natrag do ušća pri čemu migracija do rastilišta uključuje promjenu ponašanja u plivanju. Megalope su posebno jaki plivači kojima ritmičke vertikalne migracijama olakšavaju transport prema rastilištu (Forward i Tankersley, 2001). Tijekom noćnih plima plivaju prema gore u vodenom stupcu, a tijekom oseke



ostaju dublje. Podražaji za plivanje prema gore uključuju povećanje saliniteta i hidrostatskog tlaka koji su povezani s porastom plime i pojačanim kinetičkim odazivom na turbulentni tok povezan s glavnom strujom (Epifanio, 2019).

Nakon što dospiju u ušće, kemijski podražaji povezani s odgovarajućim staništem potiču metamorfozu megalopa (Epifanio i Cohen, 2016). Nakon metamorfoze jedinke su širine par milimetara i ostaju u tom staništu nekoliko mjeseci dok ne dosegnu širinu 20-30 mm (Epifanio, 2019).

Više vrsta bentoskih staništa pogodno je kao rastilište za juvenilne jedinke. Ta područja pružaju supstrate za naseljavanje megalopa, poput pješčanog i muljevitog dna, kao i vegetaciju koja predstavlja utočište od predatora. Uloga morske trave za rastilište posebno se proučava, a broj juvenilnih jedinki u područjima bogatim vegetacijom je ponekad veći od 100 rakova po m<sup>2</sup>. Utvrđeno je da na odabir prikladnih mjesta za naseljavanje megalopa utječu kemijske značajke rastilišta (Epifanio, 2019).

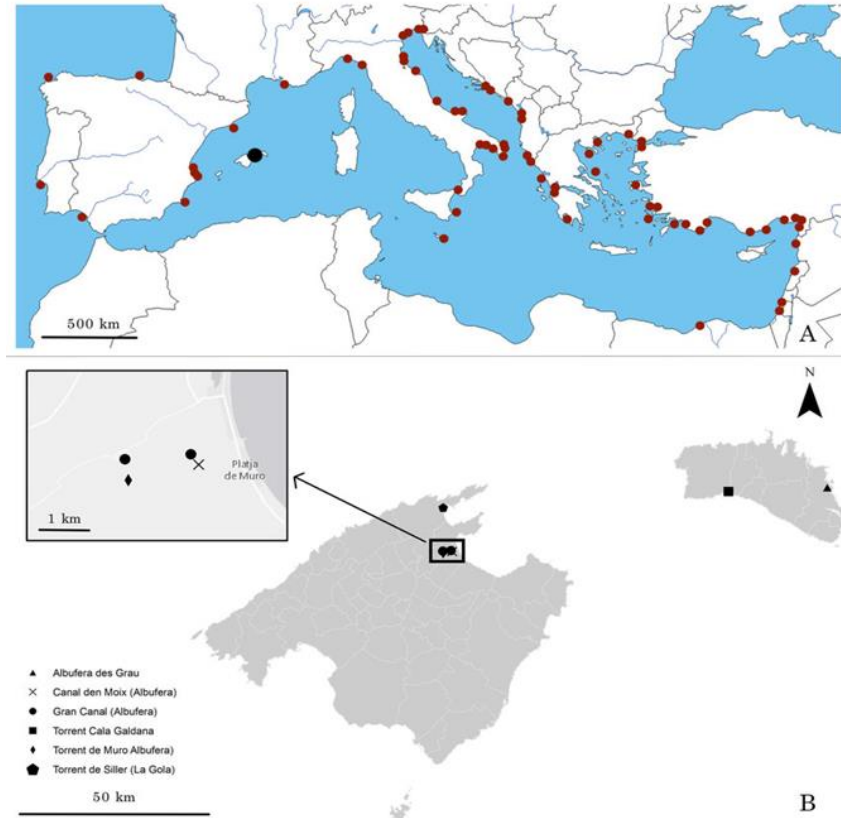
### **1.3. Rasprostranjenost plavog raka**

Plavi rak porijeklom je s atlantske obale od Nove Škotske, Kanade do sjeverne Argentine, dok se sjeverno od Cape Codea u Massachusettsu javljaju samo tijekom povoljnih toplih razdoblja (Williams, 1984). Najviše ga ima od Teksasa do zaljeva Massachusetts, gdje je važna vrsta u komercijalnom i rekreacijskom ribolovu. Tijekom prošlog stoljeća primijećeni su u Africi, Aziji i Europi, daleko od svog izvornog područja (Nehring, 2011).

#### ***1.3.1. Širenje plavog raka u Sredozemlju i Jadranu***

Plavi rak je u Europi prvi put zabilježen 1900. na atlantskoj obali Francuske. Kasnije su jedinke otkrivene u Sjevernom moru (1932), Sredozemnom moru (1949, ali vjerojatno već 1935.), Baltičkom moru (1951), Crnom moru (1967) i u Azovskom moru (1967). Čini se da je najvjerojatniji vektor unošenja bio s balastnim vodama (Nehring, 2011).

Projektom inventarizacije invazivnih vrsta, koji financira Europska komisija, prati se i bilježi prostorno i vremensko širenje vrsta po Europi, a podaci se spremaju u baze podataka koja su dostupne za pretraživanje (Slika 6) (Nehring, 2011).



Slika 6. Širenje plavog raka na području Mediterana (Izvor: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net))

### *Hrvatska*

Prva uhvaćena jedinka u Hrvatskoj bio je mužjak prikupljen iz zamke za ribe postavljene na ušću Neretve u listopadu 2004., a drugi je primjerak ulovljen mrežom na istom mjestu 6. prosinca 2006.. 15. listopada 2004. dvije ženke i dva mužjaka su ulovljena u laguni na poluotoku Pelješcu u blizini Stona (Onofri i sur., 2008).

### *Italija*

Prvi zapis o *C. sapidus* u Sredozemnom moru obično se pripisuje Giordaniju Soiki (1951). Taj je autor izvijestio o dva primjerka: odrasla ženka ulovljena kod Caorlea, sjeverno od Venecije

u prosincu 1949., i odrasli mužjak iz lagune u Veneciji, blizu Fusine, prikupljen 10. listopada 1950.. Odredio ih je kao *Neptunus pelagicus* A. Milne-Edwards, 1861, ali je kasnije Holthuis (1961) na temelju opisa i ilustracije Giordani Soike zaključio da je riječ ipak o vrsti *C. sapidus*. Mizzan (1993) identificirao je dva primjerka *C. sapidus* označena kao *N. pelagicus* koje je pronašao u zoološkim zbirkama Prirodoslovnog muzeja Venecije kao one koje je izvorno zabilježio Giordani Soika. Međutim, mjesta uzimanja uzoraka i datumi uzoraka razlikuju se od onih koje je naveo Giordani Soika (1951). Ženka raka je ulovljena u blizini Marine di Grado 4. listopada 1949., a mužjak u laguni Venecije 8. listopada 1950.. Budući da je ta ženka prikupljena prije datuma koje navodi Giordani Soika, čini se da bi prvi potvrđeni zapis o Sredozemlju trebalo pripisati Mizzanu (1993), iako postoje tvrdnje o njegovoj prisutnosti u Egejskom moru već 1935.godine. U laguni su prikupljeni dodatni primjerci u listopadu 1991. i 1992. (Mizzan, 1993), iako ne u sljedećim godinama, pa je Mizzan (1999) zaključio da *C. sapidus* tamo nije uspostavio populaciju. U proljeće 1970., ženka *C. sapidus* pronađena je u blizini luke Messina, a druga je ženka ulovljena je u blizini u jesen 1972. (Nehring, 2011). Međutim, sljedeći nalaz zabilježen je u blizini Leccea na poluotoku Salento, gdje su ga ribari uhvatili u siječnju 2001. Plavi rakovi zabilježeni su i u bočatim lagunama na jadranskoj obali Apulije, Varano i Lesina u ljeto 2007. Naknadni zapisi svjedoče o postupnom povećanju populacije (Nehring, 2011).

### Grčka

Istraživanje među ribarima pokazalo je da se *C. sapidus* pojavljuje u Solunskom zaljevu i da se od 1952. redovito prodaje na tržnicama u Ateni, Kavali, Pireju i Solunu, ali ulov opada od 1963. vjerojatno zbog pretjeranog izlova i zagađenja. Serbetis (1959) navodi da je *C. sapidus* prvi put primijećen 1948. u ušću Peneiosa, u Solunskom zaljevu, a proširio se nakon 1954. na sjevernom Egejskom moru. Prvi pouzdano određeni primjerci, odrasla i juvenilna ženka, prikupljeni su 29. lipnja 1959. u blizini luke Porto Lago, na egejskoj obali. Između ožujka 1963. i svibnja 1965. uočeno je mnogo živih i uginulih primjeraka u ušću i lagunama sjevernog Egejskog mora. Uz to, postoji više neobilježenih i loše očuvanih primjeraka iz zbirke na Rodosu, kao i nepotvrđeni zapis s južnog Egejskog mora. 1971. u ušću Gallikosa pronađen je jedan mrtvi primjerak, ali je u blizini ribar ulovio veće količine plavog raka. U regiji Aleksandropolis i lagunama Thraki *C. sapidus* je nestao između 1978. i 1982., vjerojatno također zbog izlova. Pronađeni su i primjerci koji su zaraženi rizocefalanskim parazitom koji je identificiran kao

*Loxothylacus texanus* Boschma, 1933, poznat iz američke populacije (Boschma, 1972). Iako je populacija *C. sapidus* u bitnoj mjeri prorijeđena, smatra se stabilnom, posebno u sjevernom Egejskom moru (Pancucci-Papadopoulou i sur., 2005).

### *Egipat*

Banoub (1963) navodi da su plavi rakovi prvi put zabilježeni u statistikama ribarstva jezera Menzela 1940.. Međutim, u to vrijeme ulov *C. sapidus* nije bio odvojen od ulova vrste *Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758, a ta se zabuna zadržala u literaturi. Prvi pouzdano identificirani primjerci *C. sapidus* prikupljeni su u jezeru Edku u siječnju 1960. Šezdesetih godina prošlog stoljeća uglavnom su se hvatali zamkama za ribe u bočatim jezerima delte Nila. Njihov godišnji ulov dosegao je vrhunac 1964. (2.413 tona), ali sljedećih godina je ulov naglo padao. Godine 1971. ulovljeno je samo 8 tona, vjerojatno zato što je izgradnja Visoke brane u Asuanu izmijenila hidrologiju delte. Pad se pogoršao u sljedećim godinama, ali se od 1980-ih djelomično oporavlja. Iako posljednjih godina nisu objavljeni zapisi, pretpostavlja se da je populacija plavog raka i dalje prisutna u ovom području (Nehring, 2011).

### *Albanija*

Prvi podatak datira iz 2008. kada je jedna ženka plavog raka pronađena u laguni Patok, u blizini granice s Crnom Gorom (White i sur., 2009). U prvim godinama vrsta nije bila brojna, dok je tijekom 2009. brojnost naglo porasla. Tijekom travnja i listopada 2009. ova vrsta se redovito nalazi u ulovu mrežama pa stručnjaci zaključuju da u laguni Patok postoji stabilna populacija (Nehring, 2011).

### **1.3.2. Vektori unosa plavog raka**

Unatoč sve većem širenju i porastu stope invazije *C. sapidus*, vektori unosa nisu uvijek do kraja poznati. Često primarni unos uključuje prijenos u balastnim tankovima brodova, što posebno pogoduje sekundarnom širenju nakon prvog unosa. U nekim bi slučajevima vektor mogao biti čak i namjerno puštanje za potporu ribolovu. Kako se radi o visoko cijenjenoj morskoj hrani, moguće je da *C. sapidus* može biti namjerno pušten da stvori nove komercijalno vrijedne populacije. Osim početnog unosa kojim posreduje čovjek, brzo i široko širenje s područja uvođenja također može biti važan čimbenik u naseljavanju novih staništa. Neki zapisi vjerojatno bi se mogli objasniti

migracijama jedinki na velike udaljenosti s njihovih primarnih mjesta unošenja. No, nije svaki unos bio uspješan jer su neodgovarajuća staništa, onečišćenja okoliša i preniske temperature vode ograničavajući čimbenik za uspješno uspostavljanje populacija ove vrste, posebno u sjevernoj Europi i Crnom moru. Plavi rak može imati koristi od globalnog zagrijavanja, a sve je veća zabrinutost zbog njegovih ekoloških i ekonomskih utjecaja u područjima unosa (Nehring, 2011).

Pretpostavlja se da je više vektora unosa plavog raka u europske vode, čak do istih mjesta. Već je Bouvier (1901), koji je objavio prvu pojavu vrste u Europi, nagađao o načinu njezina dolaska i mogućnosti dolaska brodom u luku Rochefort. Međutim, malo je vjerojatno da bi rak sa svojim afinitetom prema slanoj vodi prelazio oceane na trupovima brodova ili kako je predložio Wolff (1954) na plutajućim morskim algama (Nehring, 2011). Stoga se najvjerojatnijim vektorom smatra prijenos ličinačkih stadija u balastnim tankovima brodova. Tomu pridonosi podatak da je u svom izvornom području *C. sapidus* prisutan uz glavne brodske rute i pronađen je u blizini luka. Ova pretpostavka je i dokazana kad su u spremnicima balasta pronađena tri živa primjerka, dok nijedan nije pronađen na trupu brodova. Tijekom uzimanja balasta, juvenilne jedinke, ili što je vjerojatnije, planktonske ličinke, dospijevale su u balastne tankove. Kako razvoj ličinki *C. sapidus* traje otprilike 37 - 69 dana, imale su dovoljno vremena za transport brodovima na veće udaljenosti. Uz to, moguće je da su neke jedinke slučajno puštene iz spremnika u kojima se živi rakovi skladište za prehranu ljudi ili za trgovinu akvarijima. Zapisi o kuhanim primjercima na nizozemskoj obali Sjevernog mora, pokazuju da se *C. sapidus* konzumira na brodovima, a moguće je da su ostaci (kuhani ili živi primjerci) bačeni preko palube (Nehring, 2011).

Povremeni zapisi odraslih plavih rakova u novim područjima mogu se objasniti migracijama jedinki na velike udaljenosti ili prijenosom ličinki vodenim strujama. Hill i sur. (1989) ističu da su odrasli plavi rakovi izvrsni plivači i da mogu, morskim dnom, migrirati na velike udaljenosti. Ženke se mogu kretati nekoliko stotina kilometara, pri čemu oplodene ženke imaju pojačan potencijal za naseljavanje novih staništa. Moguće je i pasivno širenje juvenilnih ili odraslih primjeraka *C. sapidus* na trupovima brodova, ali vjerojatno samo na relativno kratkim udaljenostima.

Identifikacija izvornih populacija i rekonstrukcija mogućih putova invazije ključni su za bolje razumijevanje širenja plavog raka, a posebno za donošenje učinkovitih mjera za smanjenje unošenja i širenja stranih vrsta. Molekularne metode pružaju učinkovite alate u istraživanju

povijesti invazije i porijekla unesenih rakova. Provođenje genetskih analiza temeljenih na starijim, kao i na živim uzorcima je važan korak za razumijevanje širenja vrste *C. sapidus* u uvedenim područjima (Nehring, 2011).

#### **1.4. Dosadašnja istraživanja plavog raka u Jadranskom moru**

Do sada je proveden veliki broj istraživanja plavog raka u cijelom svijetu, uključujući i Jadransko more. Onofri i sur. (2008) su opisali četiri primjerka prikupljena 15. listopada 2004. u blizini Stona (poluotok Pelješac, jugoistočni Jadran) u hipersalinoj laguni (slana jezera) na dubini od 0,50 m. Jedan primjerak ulovljen je ribarskom zamkom na ušću rijeke Neretve 1. listopada 2004. na dubini od 7 m, dok je drugi primjerak prikupljen na istoj lokaciji mrežom 6. prosinca 2006. na dubini od 5 m. Dulčić i sur. (2010) prikupili su ženku plavoga raka u Norinu, pritoku rijeke Neretve, na muljevitoj podlozi na 4 m dubine. Plavog raka nalazimo i u laguni Patok u Albaniji. Tamo se smatra da se populacija udomaćila jer se konstantno nalaze primjerci u laguni i prisutne su juvenilne jedinke kao i ženke koje nose jaja. Clienti i sur. (2015) uzorkovali su jedinke u razdoblju od listopada 2013. do srpnja 2014., pri čemu je određivan spol, širina glavopršnjaka, duljina i težina jedinki. Ciljevi ove studije bili su provjeriti prisutnost ženki koje nose jaja tijekom migracije u slanije vode te izmjeriti odabrane biološke indekse, uključujući hepatosomatski indeks (HSI) i gonadosomatski indeks (GSI). Manfrinl i sur. (2016) izvještavaju o sve većem broju plavih rakova u laguni Marano i Grado u Tršćanskom zaljevu na sjevernom Jadranu. Pet primjeraka prikupljeno je od kraja kolovoza 2015. do rujna 2016. Nakon ovog zapisa u Tršćanskom zaljevu nisu pronađeni dodatni primjerci.

#### **1.5. Svrha i ciljevi istraživanja**

Većina istraživanja plavih rakove u Jadranskom moru imala su za cilj utvrditi je li vrsta uspostavila populaciju na određenoj lokaciji, provjeriti prisutnost ženki koje nose jaja tijekom migracije u slanije vode te izmjeriti odabrane biološke indekse, uključujući hepatosomatski indeks i gonadosomatski indeks (Clienti i sur., 2015). Plavi rak je svejed, hrani se ribama, mekušcima, rakovima i algama. Ima složen životni ciklus, a kao stanište bira morske i bočate vode. Značajan porast *C. sapidus* mogao bi imati ozbiljne posljedice za autohtone zajednice, kao i za uzgajališta

školjkaša i ribarstvo, jer plavi rak oštećuje ribarske mreže kao i ribe koje su ulovljene u njima. S druge strane, *C. sapidus* smatra se delikatesom i komercijalno je važna vrsta u svom izvornom području. Velika potražnja za ovom vrstom je u Sjevernoj Americi i Europi, kao i u Japanu (Branco i Fracasso, 2004). Stoga bi se plavi rak trebao lokalno promovirati kao novi izvor hrane, a to bi moglo pridonijeti kontroli brojnosti populacija i smanjiti njegove negativne utjecaje na autohtone vrste.

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1. Područje istraživanja

#### 2.1.1. Ušće rijeke Neretve

Slivno područje rijeke Neretve može se podijeliti na viši uzvodni dio riječnog bazena i niže krajnje nizvodno područje ušća, te obalno područje koje je pod utjecajem rijeke. Površina sliva je oko 10.100 km<sup>2</sup>, a ukupna duljina toka rijeke je oko 240 km. Rijeka ima brojne pritoke koji utječu u glavni vodotok direktno ili indirektno podzemnim krškim tokovima. Srednja visina sliva je približno 250 m iznad mora, a najviša točka rijeke je 900 m iznad mora. Klimatske karakteristike područja rijeke variraju s udaljenošću od mora. Nisko područje bliže moru ima mediteransku klimu, srednji dio kontinentalnu, a najudaljeniji i najviši dio planinsku klimu (Margeta i Fistanić, 2000).

Cjelokupno područje ušća nalazi se u Hrvatskoj. Ušće obuhvaća prostor od oko 156 km<sup>2</sup>, a glavna matica rijeke na ovom je području dugačka oko 19 km. Regulirani riječni tok se grana u više manjih ili većih riječnih rukavaca koji otječu u pravcu mora formirajući tako šire područje riječnog ušća (Margeta i Fistanić, 2000).

Temperatura na ovom području prema podacima dobivenim u istraživanju Glamuzina i sur. (2017) iznosila je 9,7 °C u veljači i 26,4 °C u kolovozu. Salinitet je bio između 12,2 u studenom do 26,3 u kolovozu (Tablica 1).

Tablica 1. Raspon temperature i saliniteta na ušću rijeke Neretve (Izvor: Glamuzina i sur., 2017)

|                | Temperatura (°C) | Salinitet |
|----------------|------------------|-----------|
| <i>Veljača</i> | 9,7              | 14,5      |
| <i>Svibanj</i> | /                | 17,3      |
| <i>Kolovoz</i> | 26,4             | 26,3      |
| <i>Studen</i>  | /                | 12,2      |



### 2.1.2. Župski zaljev

Župski zaljev obuhvaća akvatorij između rta Pelegrin na sjeverozapadu i rta Sustjepan na jugoistoku, dug je oko 5 km, a širok do 2,5 km. U zaljevu su smješteni otok Supetar i hrid Superka (Šuperka) te otoci Bobara, Mrkan i Mrkanac zaštićeni kao poseban ornitološki rezervat gnijezdilišta galeba klaukavca. Duž obale leže poznata ljetovališta i kupališta.

Morski obalni prostori imaju veliku ekološku i ekonomsku važnost. To su visoko varijabilni sustavi gdje promjene u cirkulaciji vode i kopneni utjecaji, poput dotoka slatke vode, kao i otpadnih voda, uzrokuju visoke vremenske varijabilnosti u mjerenjima, od satnog mjerenja pa do godišnjeg doba. Ovakva varijabilnost može se odraziti na dinamiku populacija, posebno planktonskih, u obalnim ekosustavima. Donosom veće količine slatke vode u Župski zaljev na taj prostor možemo gledati kao svojevrsni estuarij pri čemu su izvor ugljika detritus, kopnene biljke i makroalge te fotosintetski mikroskopski organizmi.

Na području Župskog zaljeva vrijednosti temperature kretale su se od 10 °C do 26 °C, s prosječnom temperaturom od 18°C. Najviša temperatura zabilježena je u srpnju, 26 °C, a najmanja u siječnju, 10 °C. Salinitet raste s dubinom, na površini je najmanji, a na dubini od 3 m iznosi od 16 do 39, ovisno o mjesecu u godini. Prosječan salinitet je 38 (Tablica 2) (Pećarević, usmeno priopćenje).

Tablica 2. Raspon temperature i saliniteta na četiri lokacije u Župskom zaljevu (Izvor: Pećarević, usmeno priopćenje)

|                 | <i>Temperatura (°C)</i> |      |    |      | <i>Salinitet</i> |    |      |    |
|-----------------|-------------------------|------|----|------|------------------|----|------|----|
|                 | P1                      | P2   | P3 | P4   | P1               | P2 | P3   | P4 |
| <i>Studenj</i>  | 19                      | 19   | 16 | 19   | 37               | 38 | 34,5 | 38 |
| <i>Prosinac</i> | 16                      | 16   | 13 | 16   | 36               | 39 | 16,5 | 38 |
| <i>Siječanj</i> | 14                      | 14   | 10 | 12,5 | 39               | 39 | 23   | 34 |
| <i>Veljača</i>  | 14,5                    | 14,5 | 14 | 14   | 37               | 38 | 36   | 38 |
| <i>Ožujak</i>   | 16                      | 16   | 15 | 16   | 38               | 38 | 36   | 38 |
| <i>Travanj</i>  | 16                      | 15,5 | 18 | 19   | 38               | 39 | 36   | 38 |
| <i>Svibanj</i>  | 18                      | 19   | 19 | 19   | 38               | 38 | 38   | 38 |

|                |    |    |      |      |    |    |    |      |
|----------------|----|----|------|------|----|----|----|------|
| <i>Lipanj</i>  | 23 | 24 | 16   | 23   | 38 | 39 | 16 | 36   |
| <i>Srpanj</i>  | 26 | 25 | 17,5 | 24   | 38 | 36 | 19 | 30   |
| <i>Kolovoz</i> | 24 | 22 | 17,5 | 21   | 36 | 36 | 22 | 36,5 |
| <i>Rujan</i>   | 22 | 24 | 20   | 23,5 | 36 | 36 | 26 | 36   |

## 2.2. Obrada prikupljenih uzoraka

Uzorci su prikupljeni pomoću vrša u veljači i svibnju. Jedinke su transportirane u laboratorij Sveučilišta u Dubrovniku na daljnju obradu. Ihtimetrom s točnošću od 0,1 mm, mjerena je širina ( $W_i$ ), a ukupna masa tijela ( $W$ ) tehničkom vagom s točnošću od 0,1 g. Spol jedinka određivan je temeljem vanjskog izgleda.

## 2.3. Indeks kondicije

Kondicija označava fizičko stanje organizma kao posljedicu duljinsko-masenog odnosa i izražava se koeficijentom kondicije. Analizirajući promjene indeksa kondicije možemo pratiti određena stanja organizma koji su pod utjecajem okolišnih čimbenika, dostupnosti hrane, stupnjem invadiranosti parazitima, ali je moguće odrediti i vrijeme mriješćenja. Indeks kondicije izračunat je uz pomoć kubičnoga ili Fultonova koeficijenta (Ricker, 1975):

$$IK = 100 W L t^{-3}$$

gdje su: IK – vrijednost indeksa kondicije,  $W$  – masa ribe,  $L$  – ukupna širina ribe.

## 2.4. Statistička obrada podataka

Svi podatci pohranjivali su se u baze podataka izrađivane u programu Microsoft Excel 2010. Isti program služio je za deskriptivne statističke analize koje su uključivale izračune srednjih vrijednosti, standardne devijacije, minimalnih i maksimalnih vrijednosti. Za izračunavanje ostalih statističkih analiza upotrebljavani su programi Minitab V.17 i Statistica v.7 (StatSoftLtd). Srednje vrijednosti širina i masa tijela ženka i mužjaka međusobno su uspoređivane  $t$ -testom. Omjer spolova izračunavao se uz pomoć Hi-kvadrat testa ( $\chi^2$ ).

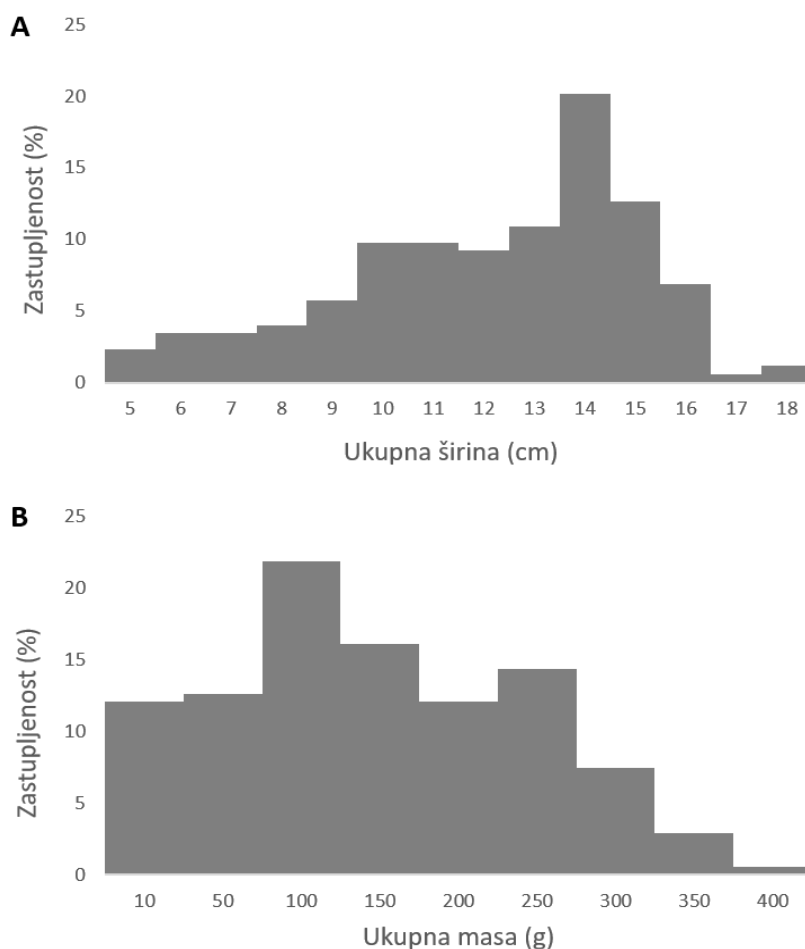
### 3. REZULTATI

#### 3.1. Ušće rijeke Neretve

##### 3.1.1. Analiza sastava populacije plavog raka

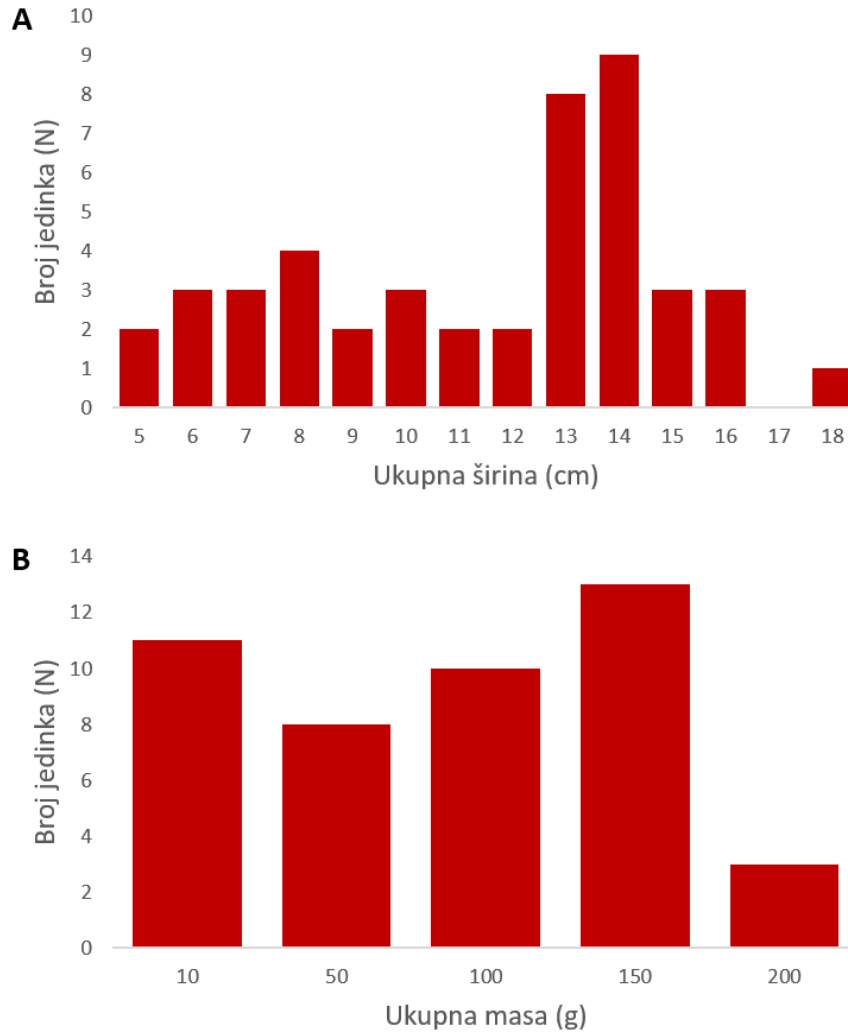
Tijekom istraživanja ukupno su ulovljene i analizirane 174 jedinice plavog raka, 129 (74,13 %) mužjaka i 45 (25,86 %) ženki. Njihov omjer iznosio je 1 : 0,34 i statistički se razlikovao ( $\chi^2 = 40,55$ ;  $P = 0,000$ ) od očekivanog omjera 1 : 1.

Ukupna širina tijela analiziranih jedinki bila je u rasponu od 5,4 cm do 18,2 cm s prosječnom vrijednosti od  $12,63 \pm 2,9$  cm ( $\pm$  SD) (Slika 7A). Raspon mase bio je od 13,7 g do 449,2 g s prosjekom od  $171,99 \pm 94,4$  g (Slika 7B).



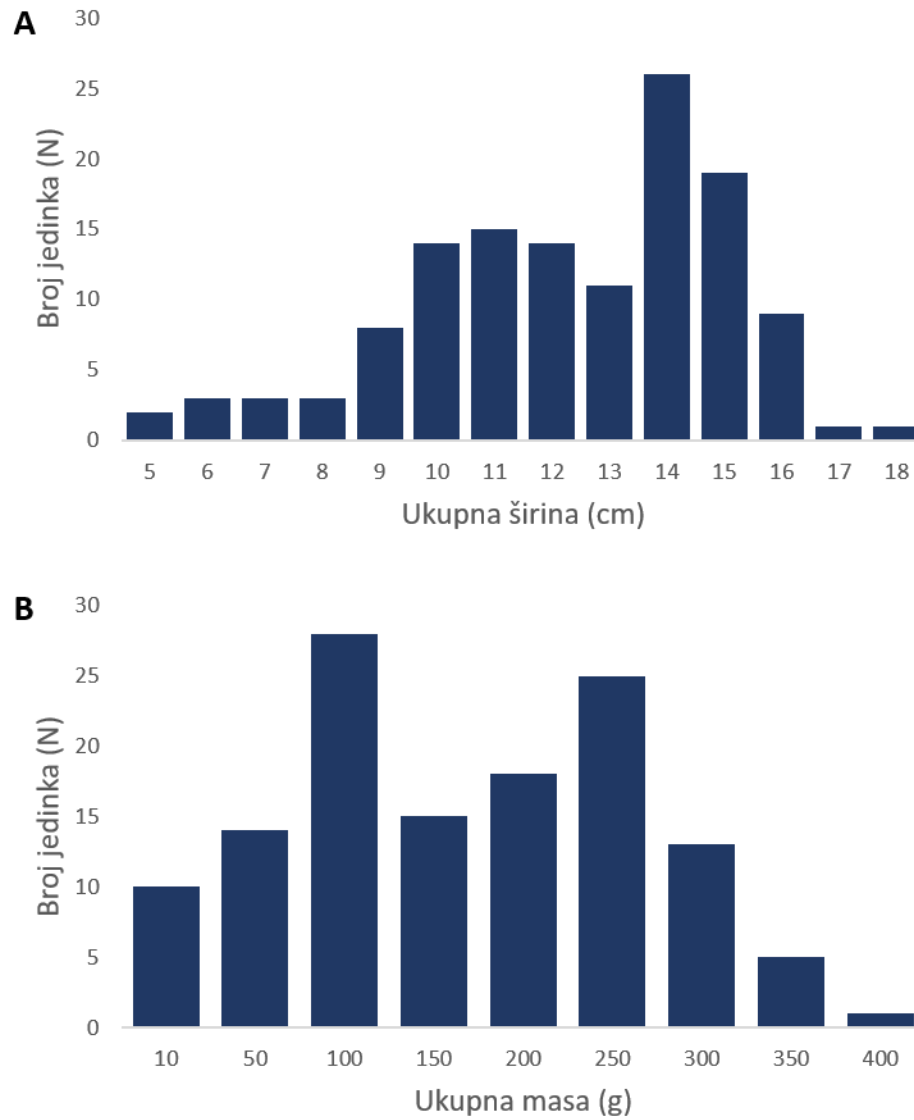
Slika 7. Zastupljenost širine tijela (A) i mase (B) ukupnog uzorka (N = 174) plavog raka *Callinectes sapidus* na području ušća rijeke Neretve

Ukupna širina tijela ženki plavog raka kretala se u rasponu od 5,6 cm do 18,2 cm s prosječnom širinom od  $12 \pm 3,4$  cm (Slika 8A). Ukupna masa tijela ženke bila je u rasponu od 13,7 g do 228,8 g s prosjekom od  $114,28 \pm 60,3$  g (Slika 8B).



Slika 8. Raspon ukupne širine tijela (A) i mase (B) ženki plavog raka, *Calinectes sapidus* (N = 45), na području ušća rijeke Neretve

Ukupna širina tijela mužjaka plavog raka bila je u rasponu od 5,4 cm do 18,2 cm s prosječnom širinom od  $12,84 \pm 2,7$  cm (Slika 9A). Raspon ukupne mase mužjaka bio je od 17,2 g do 449,2 g s prosječnom masom od  $192,1 \pm 96,3$  g (Slika 9B).



Slika 9. Raspon ukupne širine tijela (A) i mase (B) mužjaka plavog raka, *Calinectes sapidus* (N=129), na području ušća rijeke Neretve

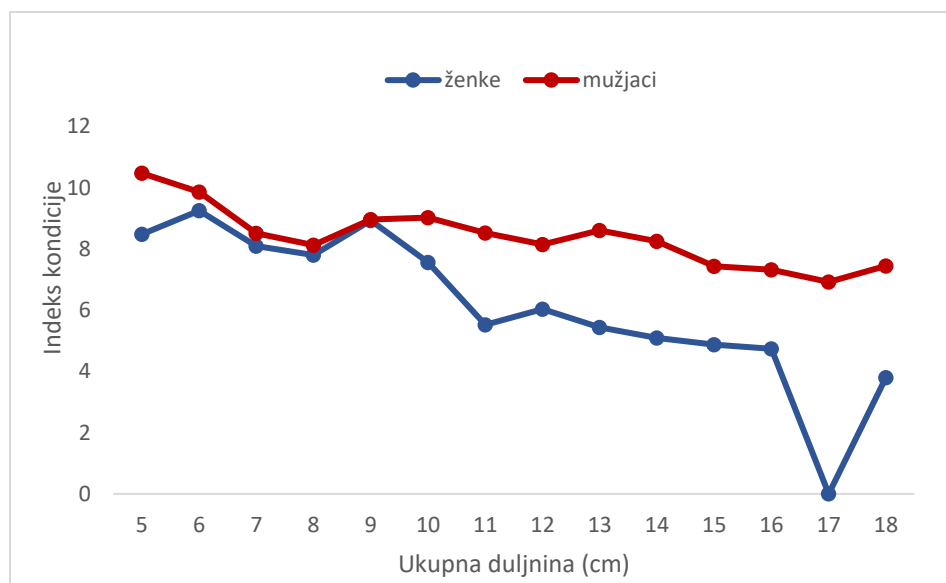
### 3.1.2. Indeks kondicije

Indeks kondicije plavoga raka određen je na 174 jedinka s ušća Neretve. Vrijednosti indeksa kondicije bile su u rasponu od 3,51 do 11,95, a srednja vrijednost je iznosila 7,8 za ukupni uzorak. Indeks kondicije kod ženki je bio u rasponu od 3,79 do 10,36, sa srednjom vrijednosti od 6,35, a kod mužjaka od 3,51 do 11,95 sa srednjom vrijednosti od 8,3 (Tablica 3).

Tablica 3. Promjene indeksa kondicije (IK) u odnosu na širinu i masu tijela ženka (N = 45), mužjaka (N = 129) i ukupnog uzorka (N = 174) plavog raka, *Callinectes sapidus*, na ušću rijeke Neretve

| Širinski razredi (cm)     | Ženke           |       | Mužjaci         |        | Ukupni uzorak   |       |
|---------------------------|-----------------|-------|-----------------|--------|-----------------|-------|
|                           | $\bar{x}$ w (g) | IK    | $\bar{x}$ w (g) | IK     | $\bar{x}$ w (g) | IK    |
| 5                         | 15,8            | 8,487 | 18,9            | 10,476 | 17,3            | 9,482 |
| 6                         | 24,2            | 9,254 | 24,7            | 9,862  | 24,4            | 9,558 |
| 7                         | 33,9            | 8,097 | 36,8            | 8,513  | 35,3            | 8,305 |
| 8                         | 47,6            | 7,801 | 48,9            | 8,133  | 48,1            | 7,944 |
| 9                         | 80,3            | 8,938 | 75,7            | 8,963  | 76,6            | 8,958 |
| 10                        | 89,2            | 7,566 | 102,7           | 9,027  | 100,3           | 8,769 |
| 11                        | 90,9            | 5,528 | 131,9           | 8,528  | 127,1           | 8,175 |
| 12                        | 115,3           | 6,034 | 159,6           | 8,148  | 154,1           | 7,884 |
| 13                        | 137,6           | 5,437 | 216,1           | 8,606  | 183,1           | 7,272 |
| 14                        | 158,9           | 5,093 | 251,6           | 8,254  | 227,8           | 7,441 |
| 15                        | 178,9           | 4,878 | 282,2           | 7,439  | 268,1           | 7,091 |
| 16                        | 202,8           | 4,743 | 340,3           | 7,326  | 305,9           | 6,681 |
| 17                        | 0               | 0     | 358,6           | 6,925  | 358,6           | 6,925 |
| 18                        | 228,8           | 3,795 | 449,2           | 7,451  | 339             | 5,623 |
| <i>Srednja vrijednost</i> | 114,2           | 6,354 | 192,1           | 8,306  | 171,9           | 7,801 |

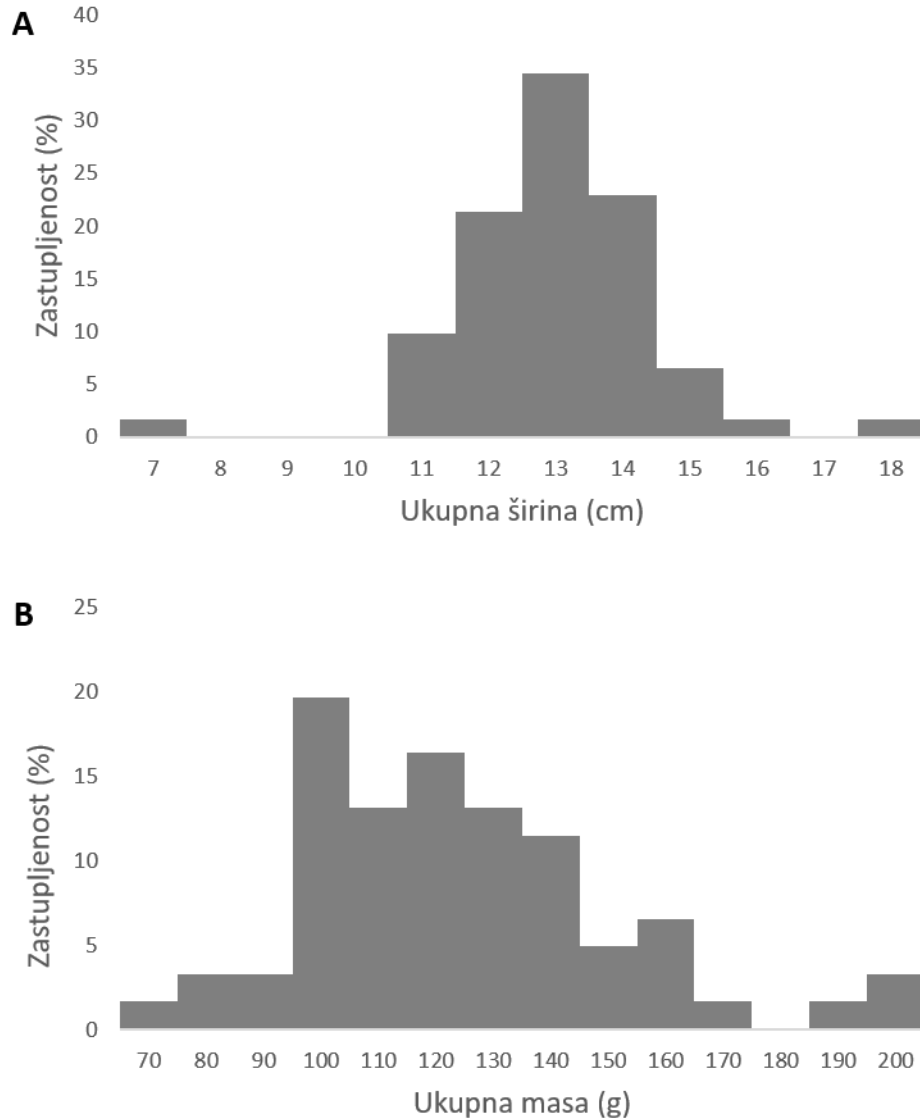
Najveći rast vrijednosti indeksa kondicije s obzirom na širinu tijela kod ženki plavog raka zabilježen je između 10 cm i 11 cm, a najmanji između 15 cm i 16 cm. Kod mužjaka najveći rast zabilježen je između 6 cm i 7 cm, a najmanji između 9 cm i 10 cm (Slika 10).



Slika 10. Indeks kondicije plavog raka, *Calinectes sapidus*, s obzirom na ukupnu širinu tijela ženka (N=45) i mužjaka (N=129) na području ušća rijeke Neretve

### 3.2. Župski zaljev

Tijekom istraživanja ukupno je ulovljena i analizirana 61 jedinka plavog raka. Ukupna širina tijela analiziranih jedinka bila je u rasponu od 7,42 cm do 18,13 cm s prosječnom vrijednosti od  $13,45 \pm 1,4$  cm (Slika 11A). Raspon mase bio je od 74,3 g do 204,6 g s prosjekom od  $128,5 \pm 27,3$  g (Slika 11B).

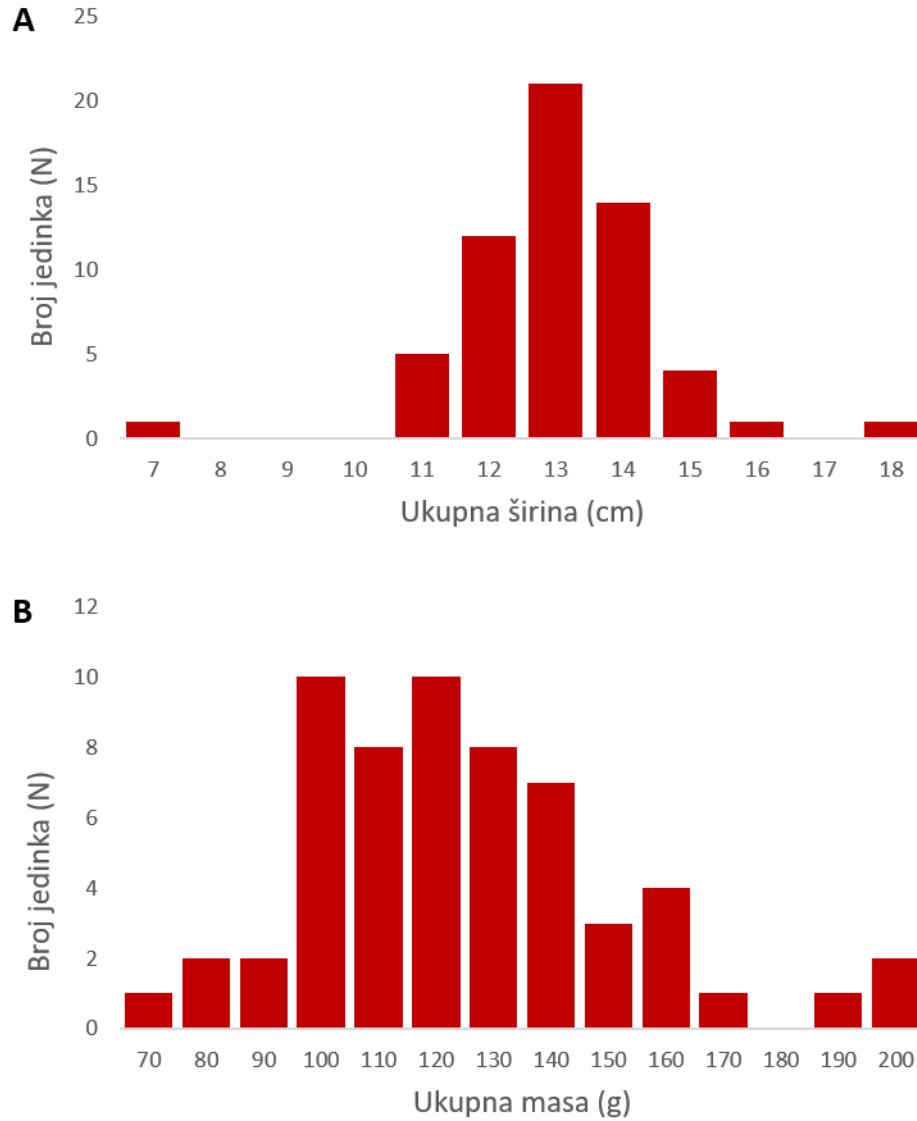


Slika 11. Zastupljenost širine tijela (A) i mase (B) ukupnog uzorka (N = 61) plavog raka, *Callinectes sapidus*, na području Župskog zaljeva

U Župskom zaljevu je prikupljena 61 jedinka, 59 ženki (96,7 %) i 2 mužjaka (3,3 %). Njihov omjer iznosio je 1 : 0,03 i statistički se razlikovao ( $\chi^2 = 53,26$ ;  $P = 0,000$ ) od očekivanog omjera 1:1. Ukupna širina tijela kod ženke plavog raka bila je u rasponu od 7,42 cm do 18,13 cm s prosječnom širinom od  $13,5 \pm 1,4$  cm (Slika 12A). Ukupna masa tijela ženke bila je u rasponu od 74,3 g do 204,5 g s prosječnom masom od  $129,3 \pm 27,4$  g (Slika 12B).



Ukupna širina tijela mužjaka plavog raka iznosila je 11,6 cm i 12 cm s prosječnom širinom od  $11,8 \pm 0,3$  cm. Ukupna masa mužjaka bila je 100,9 g i 107,3 g s prosječnom masom od  $104,1 \pm 4,5$  g.



Slika 12. Raspon ukupne širine tijela i mase ženki plavog raka, *Callinectes sapidus* (N = 59), na području Župskog zaljeva

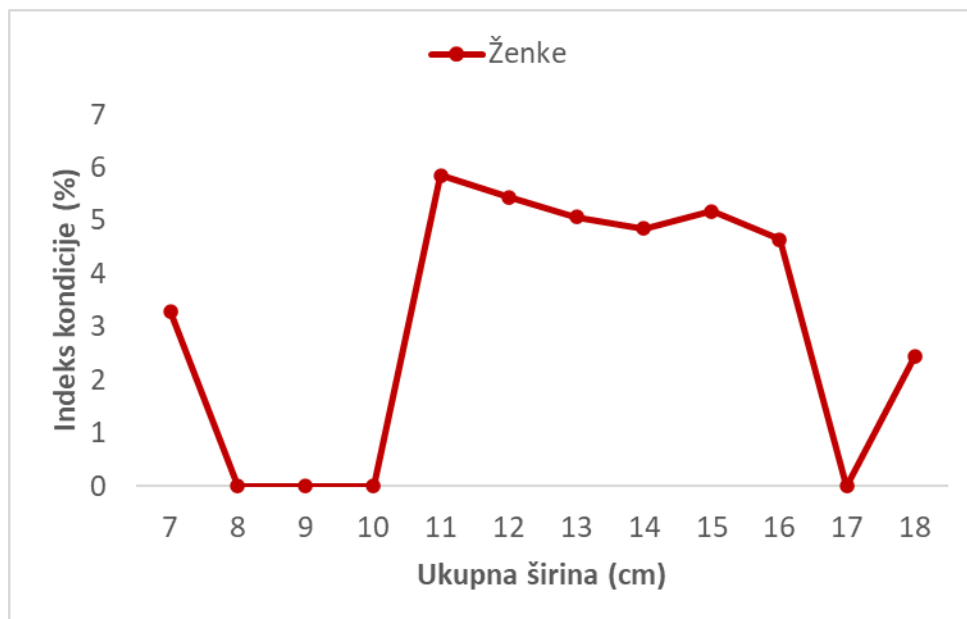
### 3.2.1. Indeks kondicije

Indeks kondicije plavoga raka određen je na 61 jedinki, od kojih su samo dva bili mužjaci. Vrijednosti indeksa kondicije bile su u rasponu od 2,43 do 6,88, a njegova srednja vrijednost je iznosila 5,61 za ukupni uzorak. Indeks kondicije kod ženki (Slika 13) je bio u rasponu od 2,43 do 6,88, sa srednjom vrijednosti od 5,58. Kod mužjaka je indeks kondicije iznosio 6,11 i 6,46 (Tablica 4).

Tablica 4. Promjene indeksa kondicije (IK) u odnosu na širinu i masu tijela ženka (N = 59), mužjaka (N = 2) i ukupnog uzorka (N = 61) plavog raka, *Callinectes sapidus*, u Župskom zaljevu

| Širinski razredi (cm)     | Ženke           |       | Mužjaci         |       | Ukupni uzorak   |       |
|---------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|                           | $\bar{x}$ w (g) | IK    | $\bar{x}$ w (g) | IK    | $\bar{x}$ w (g) | IK    |
| 7                         | 7,4             | 3,294 | 0               | 0     | 7,4             | 3,294 |
| 8                         | 0               | 0     | 0               | 0     | 0               | 0     |
| 9                         | 0               | 0     | 0               | 0     | 0               | 0     |
| 10                        | 0               | 0     | 0               | 0     | 0               | 0     |
| 11                        | 11,3            | 5,852 | 11,6            | 6,461 | 11,4            | 5,953 |
| 12                        | 12,6            | 5,447 | 12              | 6,115 | 12,5            | 5,498 |
| 13                        | 13,5            | 5,071 | 0               | 0     | 13,5            | 5,071 |
| 14                        | 14,4            | 4,846 | 0               | 0     | 14,4            | 4,846 |
| 15                        | 15,2            | 5,181 | 0               | 0     | 15,2            | 5,181 |
| 16                        | 16,3            | 4,639 | 0               | 0     | 16,3            | 4,639 |
| 17                        | 0               | 0     | 0               | 0     | 0               | 0     |
| 18                        | 18,1            | 2,434 | 0               | 0     | 18,1            | 2,434 |
| <i>Srednja vrijednost</i> | 13,5            | 5,588 | 11,8            | 6,288 | 13,4            | 5,611 |

Najveći rast vrijednosti indeksa kondicije s obzirom na širinu tijela kod ženki plavog raka zabilježen je između 7 cm i 11 cm, a najmanji između 13 cm i 14 cm.



Slika 13. Indeks kondicije ženka plavog raka, *Callinectes sapidus* s obzirom na ukupnu širinu tijela na području Župskog zaljeva

#### 4. RASPRAVA

*C. sapidus* tipična je bočata vrsta, koja zahtijeva prisutnost ušća ili laguna koja su neophodna za završetak životnog ciklusa. Podnosi salinitet u rasponu od slatke do hipersaline vode, a rast megalopa i juvenilnih jedinki može biti normalan pri salinitetu od 5. Temperatura na području ušća rijeke Neretve iznosila je 9,7 °C u veljači i 26,4 °C u kolovozu. Salinitet je bio između 12,2 u studenom do 26,3 u kolovozu. Na području Župskog zaljeva vrijednosti temperature kretale su se od 10 °C do 26 °C, s prosječnom temperaturom od 18°C. Salinitet raste s dubinom, na površini je najmanji, a na dubini od 3 m iznosi od 16 do 39, ovisno o mjesecu u godini. Prosječan salinitet je 38. Osobine, kao što su visoki fekunditet, odlična sposobnost širenja, brz rast te široke tolerancije okoliša, čine *C. sapidus* povoljnom vrstom za uspješnu invaziju (Hill i sur., 1989).

Tablica 5. Raspon širine i mase jedinki prikupljenih na određenim lokacijama (prema: Onofri i sur., 2008; Dulčić i Glamuzina, 2010; Dulčić i sur., 2011)

| <b>Godina</b> | <b>Lokacija</b> | <b>Broj jedinki</b> | <b>Raspon širine (cm)</b> | <b>Raspon mase (g)</b> |
|---------------|-----------------|---------------------|---------------------------|------------------------|
| 2004.         | Blizu Stona     | 4                   | /                         | /                      |
| 2008.         | Laguna          | 4 (2 M, 2 Ž)        | 12,52 – 16,80             | 152 - 253              |
|               | Ušće Neretve    | 2 (2 M)             | 14,05 i 20.91             | 200 i 522              |
| 2009.         | Norin           | 1 (1 Ž)             | 21                        | 504                    |
| 2010.         | Ušće Neretve    | 52 (10 Ž, 42 M)     | 11,2 – 16,6               | 158 - 520              |
| 2021.         | Ušće Neretve    | 174 (129 M, 45 Ž)   | 5,4 – 18,2                | 13,7 – 449,2           |
|               | Župski zaljev   | 61 (59 Ž, 2 M)      | 7,42 – 18,13              | 74,3 – 204,6           |

Provedenim istraživanjem zabilježene su razlike u gustoći populacije plavog raka na Jadranu. 2021. populacija ima veću relativnu gustoću nego 2004. kada je plavi rak prvi puta zabilježen u Hrvatskoj. Usporedbom rezultata dobivenih 2021. s rezultatima iz prijašnjih istraživanja ustanovljeno je kako se gustoća populacije plavog raka bitno promijenila i da je populacija uspješno uspostavljena. 2004. mali smo svega 4 primjerka, a tijekom sadašnjeg istraživanja imamo 235. Iz rezultata možemo primjetiti da je na području ušća rijeke Neretve veća zastupljenost mužjaka nego ženki, dok je u Župskom zaljevu više ženki. Razlog tome mogao bi

biti što se parenje plavih rakova događa tijekom tople sezone u regijama ušća rijeka gdje je salinitet često ispod granice tolerancije za ličinke i rane razvojne stadije. Nakon parenja oplođene ženke migriraju do obalnih područja većeg saliniteta koji odgovara ličinkama, dok većina mužjaka ostaje blizu područja parenja.

Kondicija životinje odnosi se na njeno energetska stanje. Za životinje koje su u dobroj kondiciji smatra se da imaju više energetska zaliha nego životinje koje su u lošijoj kondiciji. Jedinke s većim energetska zaliha imaju veću izdržljivost i veću stopu preživljavanja od jedinki s manjim energetska zaliha (Millar i Hickling, 1990). Uvjeti koji pozitivno utječu na kondiciju životinja mogu ubrzati rast populacije (Phillips i sur., 2010), ubrzati stopu rasta jedinki ili povećati njihov reproduktivni uspjeh (Lopez i sur., 2012). Kondicija rakova ovisi o sezonskoj dinamici, odnosno o fazi godišnjeg ciklusa vrste (Yamaguchi, 2001). Kako je probavna žlijezda (hepatopankreas) glavni organ za pohranu energije kod rakova udio probavne žlijezde u ukupnoj masi tijela te sadržaj vlage u žlijezdi koristi se kao pokazatelj kondicije prirodnih populacija i populacija rakova u uzgoju (Tsvetnenko i sur., 1999). U ovom istraživanju vrijednosti indeksa kondicije jedinki na području ušća Neretve bile su u rasponu od 3,51 do 11,95, a njegova srednja vrijednost je iznosila 7,8 za ukupni uzorak. Najveći rast vrijednosti indeksa kondicije s obzirom na širinu tijela kod ženki plavog raka zabilježen je između 10 i 11 cm, a najmanji između 15 i 16 cm. Kod mužjaka najveći rast zabilježen je između 6 i 7 cm, a najmanji između 9 i 10 cm. Vrijednosti indeksa kondicije kod jedinki iz Župskog zaljeva bile su u rasponu od 2,43 do 6,88, a njegova srednja vrijednost je iznosila 5,61 za ukupni uzorak. Najveći rast vrijednosti indeksa kondicije s obzirom na širinu tijela kod ženki plavog raka zabilježen je između 7 i 11 cm, a najmanji između 13 i 14 cm.

Plavi rakovi imaju razne funkcije u ekosustavu i mogu igrati glavnu ulogu u prijenosu energije unutar ušća i laguna. U različitim fazama životnog ciklusa služe i kao plijen i kao potrošači planktona, malih beskralježnjaka, riba i drugih rakova. Oni su važni detritivori i čistači, a ako nema dovoljno hrane, sklone su kanibalizmu (Hill i sur., 1989). Agresivni su prema drugim vrstama, a za hranu i prostor natječu se s drugim rakovima. *C. sapidus* također je domaćin nekoliko parazita i prenositelj određenih bolesti, od kojih neke imaju visok potencijal da izazovu masovni mortalitet. Stoga uvođenje plavih rakova može imati značajne posljedice na ekologiju invaziranog okoliša. Unatoč nominaciji *C. sapidus* za jednu od 100 najgorih invazivnih stranih vrsta na Mediteranu

(Streftaris i Zenetos, 2006), do sada su dugoročne posljedice *C. sapidus* na okoliš nepoznate. Trebalo bi napraviti pojačana istraživanja na ovom polju. *C. sapidus* podupire ribarstvo u svom izvornom području duž atlantske obale Sjeverne Amerike, kao i u svom uvedenom području u istočnom Sredozemnom moru. Međutim, zbog klimatskih promjena i njihovih pozitivnih učinaka na pojavu plavih rakova, *C. sapidus* mogao bi postati kandidat za ciljanu vrstu u komercijalnom ribarstvu i na unesenim područjima. To bi mogao biti stvarni scenarij, na primjer u Jadranskom moru, na europskoj obali Atlantika i u Sjevernom moru. Trebalo bi se pozabaviti pitanjem hoće li *C. sapidus* značajno smanjiti zalihe uvedene pacifičke kamenice, *Crassostrea gigas* Thunberg, 1793, koja se komercijalno koristi u nekoliko europskih zemalja, jer odrasle jedinke kao primarni izvor hrane preferiraju mekušce poput kamenica (Hill i sur., 1989). Plavi rakovi osakaćuju ribu ulovljenu u zamkama i troslojnim mrežama. Pojava *C. sapidus* mogla bi biti i važan štetan čimbenik u zdravstvenom sustavu čovjeka, kao i u turističkom sektoru, jer su nositelji sojeva bakterije *Vibrio cholerae* Pacini, 1854, koji su odgovorni za izbijanje ljudske kolere (Hill i sur., 1989). Međutim, sveobuhvatne analize o ekonomskim prednostima i nedostacima *C. sapidus* u uvedenim područjima do sada nisu rađene (Nehring, 2011).



Slika 14. Odrasla jedinka uhvaćena u Makarskoj luci (Fotografija: Antonio Longin)

## 5. ZAKLJUČAK

Plavi rak pripada razredu deseteronožnih (dekapodnih) rakova unutar porodice Portunidae. Svijetloplave je boje duž frontalnog područja dok je ostatak tijela zasjenjen maslinasto-smeđom bojom. Dostiže spolnu zrelost za 12 do 18 mjeseci i može živjeti i do 3 godine. Živi na dnu i podnosi visok raspon različitih okolišnih uvjeta, od vode visokog saliniteta u zaljevima do gotovo slatke vode u uvalama gdje se ulijevaju rijeke. Ova vrsta posebno je česta na ušćima rijeka. Bočate vode karakterizira najmanji broj autohtonih vrsta i čini se da imaju mnogo otvorenih ekoloških niša. Te vode su često izložene intenzivnom međunarodnom brodskom prometu, jednom od najvažnijih vektora za uvođenje invazivnih vrsta. Dakle, ova staništa imaju najveći potencijal za unošenje vrsta. Parenje plavih rakova događa se tijekom tople sezone u regijama ušća rijeka gdje je salinitet često ispod granice tolerancije za ličinke i rane razvojne stadije.

Tijekom istraživanja na području ušća rijeke Neretve ukupno su ulovljene i analizirane 174 jedinke, 129 mužjaka i 45 ženki. U Župskom zaljevu je prikupljena 61 jedinka, 59 ženki i 2 mužjaka. Provedenim istraživanjem zabilježene su razlike u gustoći populacije plavog raka na Jadranu. 2021. populacija ima veću relativnu gustoću nego 2004. kada je plavi rak prvi puta zabilježen u Hrvatskoj. Usporedbom rezultata dobivenih 2021. s rezultatima iz prijašnjih istraživanja ustanovljeno je kako se gustoća populacije plavog raka bitno promijenila i da je populacija uspješno uspostavljena. 2004. zabilježena su svega 4 primjerka, a tijekom sadašnjeg istraživanja čak 235.

Vektori unosa ove vrste nisu uvijek do kraja poznati. Često primarni unos uključuje prijenos u balastnim tankovima brodova, što posebno pogoduje sekundarnom širenju nakon prvog unosa. U nekim bi slučajevima vektor mogao biti čak i namjerno puštanje za potporu ribolovu, s obzirom da se plavi rak smatra delikatesom. Plavi rak može imati koristi od globalnog zagrijavanja, a sve je veća zabrinutost zbog njegovih ekoloških i ekonomskih utjecaja u područjima unosa (Nehring, 2011). Širenje plavog raka mogao bi imati ozbiljne posljedice za autohtone zajednice, akvakulturu i ribarstvo, jer plavi rak oštećuje mreže, a i ulov. U Sjevernoj Americi se smatra kulinarskom delikatesom i komercijalno je važna vrsta stoga bi se trebao lokalno promovirati kao novi izvor hrane, što bi moglo pomoći pri kontroli populacije i smanjiti njene negativne utjecaje.

## 6. LITERATURA

- Baldwin, J., Johnsen, S. 2012. The male blue crab, *Callinectes sapidus*, uses both chromatic and achromatic cues during mate choice. *Journal of Experimental Biology*. 215: 1184-1191.
- Banoub, M. W. 1963. Survey of the Blue-Crab *Callinectes sapidus* (Rath.), in Lake Edku in 1960. Alexandria Institute of Hydrobiology, Notes and Memoirs 69:1–20.
- Boschma, H. 1972. On the occurrence of *Carcinus maenas* (Linnaeus) and its parasite *Sacculina carcini* Thompson in Burma, with notes on the transport of crabs to new localities. *Zool Meded* 47:145–155.
- Bouvier, E. L. 1901. Sur un *Callinectes sapidus* M. Rathbun trouvé à Rochefort. *Bull Mus Hist Nat Paris* 7:16–17.
- Branco, J. O., Fracasso, H. A. A. 2004. Biologia populacional de *Callinectes ornatus* (Ordway) na Armação do Itapocory, Penha, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 21: 91–96. doi: 10.1590/S0101-81752004000100016
- Clienti, L., Paziienza, G., Scirocco, T., Fabbrocini, A., D'Adamo, R. 2015. First record of ovigerous *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) in the Gargano Lagoons (south-west Adriatic Sea). *BioInvasions Records*. 4. 281-287. 10.3391/bir.2015.4.4.09.
- Dulčić, J., Dragičević, B., Lipej, L. 2010. New record of the Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, (Decapoda: Brachyura) in the Adriatic Sea. *Annales, Series Historia Naturalis*, 20 (1), 23-28.
- Dulčić, J., Glamuzina, B. 2010. Procjena ranjivosti sektora ribarstva na klimatske promjene: slučaj šireg područja ušća rijeke Neretve. Pp. 31-39. in B. Glamuzina and J. Dulcic, editors. *Proceedings of fish and 600 fisheries of Neretva River: status and perspectives*. University of Dubrovnik and Neretva-Dubrovnik County, Dubrovnik, Croatia.
- Dulčić, J., Tutman, P., Matic-Skoko, S., Glamuzina, B. 2011. Six Years from First Record to Population Establishment: The Case of the Blue Crab, *Callinectes Sapidus* Rathbun, 1896 (Brachyura, Portunidae) in the Neretva River Delta (South-Eastern Adriatic Sea, Croatia). *Crustaceana*. 84. 1211-1220. 10.1163/156854011X587478.



- Epifanio, C. E. 1995. Transport of blue crab (*Callinectes sapidus*) larvae in the waters off the Mid-Atlantic states. *Bull. Mar. Sci.* 57:713–725.
- Epifanio, C. E. 2007. Larval biology. In: Kennedy, V. S. & L. E. Cronin, editors. *The blue crab Callinectes sapidus*. College Park, MD: Maryland Sea Grant. pp. 513–533.
- Epifanio, C. E. 2019. Early Life History of the Blue Crab *Callinectes sapidus*: A Review. *Journal of Shellfish Research*. 38. 1-22. 10.2983/035.038.0101.
- Epifanio, C. E., Cohen, J. H. 2016. Behavioral adaptations in larvae of brachyuran crabs: a review. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 482:85–105.
- Forward, R. B., Tankersley, R. A. Jr. 2001. Selective tidal-stream transport of marine animals. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 39:305–353.
- Giordani Soika, A. 1951. Il *Neptunus pelagicus* (L.) nell'Alto Adriatico. *Natura* 42:18–20.
- Glamuzina, L., Conides, A., Mancinelli, G., Dobroslavić, T., Bartulović, V., Matic-Skoko, S., Glamuzina, B. 2017. Population Dynamics and Reproduction of Mediterranean Green Crab *Carcinus aestuarii* in Parila Lagoon (Neretva Estuary, Adriatic Sea, Croatia) as Fishery Management Tools. Pp. 260 – 270. doi.org/10.1080/19425120.2017.1310155.
- Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Špoljar M., Matoničkin Kepčija R., Vujčić Karlo S., Miliša M., Ostojić A., Sertić Perić M. 2011. Protista – Protozoa, Metazoa – Invertebrata. Alfa d.d. Pp. 584.
- Hill, J., Fowler, D. L., Avyle, M. V. 1989. Species profiles: Life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Mid-Atlantic) - Blue crab. U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg.
- Holthuis, L. B. 1961. Report on a collection of Crustacea Decapoda and Stomatopoda from Turkey and the Balkans. *Zool Verh Leiden* 47:1–67.
- Hure, J., Kršinić, F. 1998. Planktonic copepods of the Adriatic Sea. Spatial and temporal distribution. *Natura Croatica* 7:1-135.

- Jivoff, P., Hines, A. N., Quackenbush, L. S. 2007. Reproduction biology and embryonic development. In: Kennedy, V. S. & L. E. Cronin, editors. The blue crab *Callinectes sapidus*. College Park, MD: Maryland Sea Grant. pp. 255–298.
- Lopez, D. P., Jungman, A. A., Rehage, J. S. 2012. Nonnative African jewelfish are more fit but not bolder at the invasion front: a trait comparison across an Everglades range expansion. *Biological Invasions* 14: 2159–2174.
- Manfrin, C., Comisso, G., Dall’Asta, A., Bettoso, N., Chung, J. S. 2016. The return of the Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, after 70 years from its first appearance in the Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea, Italy (Decapoda: Portunidae). *Check List*. 12. 2006. 10.15560/12.6.2006.
- Margeta, J., Fistanić, I. 2000. Gospodarenje sustavom i monitoring bazena rijeke Neretve. *Građevinar*, 52 (06): 331-338.
- Millar, J. S., Hickling, G. J. 1990. Fasting endurance and the evolution of mammalian body size. *Functional Ecology* 4:5–12.
- Mizzan, L. 1993. Presence of swimming crabs of the genus *Callinectes* (Stimpson) (Decapoda, Portunidae) in the Venice Lagoon (North Adriatic Sea - Italy): first record of *Callinectes danae* Smith in European waters. *Boll Mus civ Stor nat Venezia* 42:31–43.
- Mizzan, L. 1999. Le specie alloctone del macrozoobenthos della laguna di Venezia: il punto della situazione. *Boll Mus Civ Stor Nat Venezia* 49:145–177.
- Nehring, S. 2011. Invasion History and Success of the American Blue Crab *Callinectes sapidus* in European and Adjacent Waters. 10.1007/978-94-007-0591-3\_21.
- Newcombe, C. L. 1945. The Biology and Conservation of the Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. Educational series (Virginia Fisheries Laboratory); no. 4. Virginia Institute of Marine Science, William & Mary.
- Onofri, V., Dulčić, J., Conides, A., Matić-Skoko, S., Glamuzina, B. 2008. The occurrence of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in the eastern Adriatic (Croatian coast). *Crustaceana*. 81:403-409. 10.1163/156854008783797561.

- Pancucci-Papadopoulou, M. A., Zenetos, A., Corsini-Foka, M., Politou, Ch. A. 2005. Update of marine alien species in Hellenic waters. *Medit Mar Sci* 6:147–158.
- Phillips, B., Brown, G., Shine, R. 2010. Life-history evolution in range-shifting populations. *Ecology* 91: 1617–1627.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bulletin - Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1-382.
- Ruppert, E. E., Barnes, R. D. 1994. *Invertebrate zoology*. 6. ed. Saunders Collage Publishing, Harcourt Brace Collage Publishers, Philadelphia, pp. 1056.
- Serbetis, C. 1959. Un nouveau crustacé comestible en mer Egeé *Callinectes sapidus* Rath. (Decapode brach.). *Proc Gen Fish Counc Medit* 5:505–507.
- Streftaris, N., Zenetos, A. 2006. Alien marine species in the Mediterranean - the 100 “worst invasives” and their impact. *Mediterranean Marine Science*,7: 87-118.
- Tsvetnenko, E., Brown, J., Glencross, B. D., Evans, L. H. 1999. Measures of condition in dietary studies on western rock lobster post-pueruli. *Proceedings, International Symposium on Lobster Health Management, Adelaide*; 100-109.
- White, M., Haxhiu, I., Saçdanaku, E., Petri, L., Rumano, M., Osmani, F., Vrenozi, B., Robinson, P., Kouris, S., Boura, L., Venizelos, L. 2009. Monitoring and conservation of important sea turtle feeding grounds in the Patok Area of Albania, 2008 Annual Report. The Mediterranean Association to Save the Sea Turtles, Athens.
- Williams, A. B. 1984. *Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Wolff, T. 1954. Tre ostamerikanske krabber fundet i Danmark. *Flora Fauna Århus* 60:19–34.
- Yamaguchi, T. 2001. Seasonal change of the hepatopancreas index in the males of the fiddler crab, *Uca lactea*. *Crustaceana* 74: 627-634.

#### INTERNETSKI IZVORI:

<https://www.cabi.org/isc/datasheet/90126> (pristupljeno 20.7.2021)

## LITERATURA SLIKE:

<http://www.mesa.edu.au/crustaceans/>

<https://bugguide.net/node/view/1422547>

<https://cmast.ncsu.edu/cmast-sites/synergy/bluecrab/bscrab.html>

<https://www.jaxshells.org/bcrab.htm>

[https://www.researchgate.net/figure/A-Distribution-of-the-records-of-Callinectes-sapidus-in-the-Mediterranean-based-on\\_fig2\\_322853327](https://www.researchgate.net/figure/A-Distribution-of-the-records-of-Callinectes-sapidus-in-the-Mediterranean-based-on_fig2_322853327)

<https://www.semanticscholar.org/paper/A-new-record-of-the-American-blue-crab%2C-Callinectes-Castej%C3%B3n-Guerao/34e08ec4551cf4363cb7f9e29412413ba6b2b81c>

<https://www.thoughtco.com/blue-crab-facts-4770253>

**IZJAVA**

S punom odgovornošću izjavljujem da sam diplomski rad izradila samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentorice izv. prof. dr. sc. Marijana Pećarević.

Ime i prezime studentice: Tea Rukavina

Potpis

*Tea Rukavina*