

Sveučilište u Splitu i Sveučilište u Dubrovniku
Međusveučilišni poslijediplomski doktorski studij
"Primijenjene znanosti o moru"

Zvezdana Popović

BIOLOŠKO – EKOLOŠKE ZNAČAJKE ŠKOLJKAŠA
VENUS VERRUCOSA L. (BIVALVIA: VENERIDAE) U
JADRANU

Doktorska disertacija

Split, prosinac 2012.

Sveučilište u Splitu i Sveučilište u Dubrovniku
Međusveučilišni poslijediplomski doktorski studij
"Primijenjene znanosti o moru"

Zvezdana Popović

BIOLOŠKO – EKOLOŠKE ZNAČAJKE ŠKOLJKAŠA
VENUS VERRUCOSA L. (BIVALVIA: VENERIDAE) U
JADRANU

Doktorska disertacija

Split, prosinac 2012.

Ova je doktorska disertacija izrađena na Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, pod vodstvom mentorice prof.dr.sc. Anamarije Frankić i komentorice prof.dr.sc. Melite Peharde Uljević, u sklopu Međusveučilišnog poslijediplomskog dokorskog studija „Primijenjene znanosti o moru“ pri Sveučilištu u Splitu, Sveučilištu u Dubrovniku i Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu.

ZAHVALE

Na prvom se mjestu posebno zahvaljujem mentorici prof. dr. sc. Anamariji Frankić i komentorici prof. dr. sc. Meliti Pehardi Uljević na ukazanom povjerenju, brojnim savjetima, raspravama i poticajima tijekom istraživanja i pisanja ovog rada. Pored toga, zahvalila bih se i na prenošnju znanja i iskustava te velikom utjecaju na moj profesionalni razvoj posljednjih godina.

Zahvaljujem se članovima povjerenstva za ocjenu ovog doktorskog rada prof. dr. sc. Sanji Matić Skoko, prof. dr. sc. Nedi Vrgoču i doc. dr. sc. Ivani Bočini koji su svojim korisnim savjetima pridonijeli njegovu konačnom obliku.

Zahvalila bih se i Dariji Ezgeta Balić na nesebičnoj pomoći tijekom sakupljanja i obrade uzoraka, posebice na korisnim savjetima tijekom njihove obrade u laboratoriju. Također, zahvaljujem Ivici Matijaci i Marinu Rinčiću na logističkoj potpori prilikom uzorkovanja te gosp. Josipu Furčiću iz Uprave za ribarstvo na ustupljenim podacima.

Zahvaljujem se i djelatnicim Laboratorija za akvakulturu, a posebno prof. dr. sc. Ivoni Mladineo za srdačnost, susretljivost i pomoć tijekom mog istraživačkog rada. Također, zahvalila bih se i Željki Trumbić na pruženoj pomoći kada mi je najviše bila potrebna te na svojoj pomoći tijekom izrade histoloških preparata.

Zahvalila bih se svojim dragim prijateljicama Martini i Niki koje su me pratile na putu prema doktoratu znanosti te pružale veliku pomoć i ohrabrenje koji su mi puno značili. Zahvaljujem i svim ostalim kolegama i prijateljima koji su na bilo koji način doprinjeli izradi ovog rada.

I na kraju, najveću zahvalnost želim izraziti svojim roditeljima, bratu i Damiru na beskrajnoj podršci i razumijevanju tijekom svih ovih godina. Hvala vam na ljubavi i ohrabrenju koju mi svakodnevno pružate.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Svrha i ciljevi istraživanja	5
2. DOSADAŠNJE SPOZNAJE	6
2.1. Značajke razreda školjkaša (Bivalvia).....	6
2.2. Dosadašnja istraživanja sastava populacija i dinamike rasta školjkaša u Jadranu	10
2.3. Dosadašnja istraživanja razmnožavanja školjkaša u Jadranu.....	12
2.4. Dosadašnja istraživanja školjkaša iz porodice Veneridae	12
2.4.1. Pregled porodice Veneridae	12
2.4.2. Biološke i ekološke značajke brbavice <i>Venus verrucosa</i>	14
2.4.3. Dosadašnja istraživanja brbavice <i>Venus verrucosa</i>	17
2.5. Izlov školjkaša	18
2.5.1. Izlov i akvakultura brbavice <i>Venus verrucosa</i>	23
3. MATERIJALI I METODE	24
3.1. Područje i dinamika uzorkovanja školjkaša	24
3.1.1. Uzorkovanje školjkaša hidrauličnom dredžom vongolarom.....	24
3.1.2. Uzorkovanja školjkaša metodom autonomnog ronjenja	26
3.2. Osnovni hidrografski parametri.....	27
3.3. Analiza starosti i rasta.....	28
3.4. Histološka analiza uzoraka	30
3.5. Analiza indeksa kondicije.....	39
3.6. Analiza izlova	39
4. REZULTATI	43
4.1. Osnovni hidrografski parametri	43
4.2. Analiza unutarnjih prstenova rasta brbavice <i>Venus verrucosa</i>	44
4.2.1. Vrednovanje formiranja prstenova rasta	44
4.2.2. Analiza starosti i rasta	46
4.2.3. Analiza sastava populacija	53
4.3. Histološka analiza gonada brbavice <i>Venus verrucosa</i>	62
4.3.1. Kvalitativna histološka analiza.....	63
4.3.2. Kvantitativna histološka analiza.....	74
4.3.3. Prva spolna zrelost	77

4.4.	Analiza indeksa kondicije brbavice <i>Venus verrucosa</i>	79
4.5.	Analiza izlova brbavice <i>Venus verrucosa</i>	81
5.	RASPRAVA	89
6.	ZAKLJUČCI	102
7.	LITERATURA	105
8.	ŽIVOTOPIS	120

**BIOLOŠKO – EKOLOŠKE ZNAČAJKE ŠKOLJKAŠA *VENUS VERRUCOSA* L.
(BIVALVIA: VENERIDAE) U JADRANU**

Zvezdana Popović

Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za studije mora

Sažetak

Istraživanje je provedeno na vrsti *Venus verrucosa* Linnaeus, 1758 (brbavica) na pet područja u istočnom Jadranu uključujući zapadnu obalu Istre, Paški zaljev, Starigrad-Paklenicu, Kaštelanski zaljev i Mali Ston. Uzorci su prikupljeni pomoću hidraulične dredže vongolare i metodom autonomnog ronjenja. Rezultati analize rubnog prirasta pokazali su godišnju periodičnost formiranja prestenovala rasta te je utvrđeno da nastaju u ljetnom razdoblju. Prikupljeni su podaci o sastavu populacija i dinamici rasta te su izračunati parametri von Bertalanffy krivulje rasta s rasponima vrijednosti za asimptotsku duljinu ljuštura (L_{∞}) od 48,2 mm (Istra) do 57,9 mm (Paški zaljev), i koeficijent rasta (k) od $0,20 \text{ godina}^{-1}$ (Paški zaljev) do $0,31 \text{ godina}^{-1}$ (Istra). Raspon vrijednosti phi-prime indeksa (ϕ') varirao je od 2,80 (Starigrad-Paklenica) do 2,92 (Kaštelanski zaljev). Starije jedinke, preko deset godina, predstavljale su mali udio ulova s 11% u Malom Stonu, 9% u Paškom zaljevu, 5% u Istri, 2% u Starigrad-Paklenici i 1% u Kaštelanskom zaljevu. Omjer spolova nije značajno odstupao od omjera 1:1, a dvospolci nisu pronađeni. U istraživanju je 50% jedinki dostiglo prvu spolnu zrelost pri dužini od 25,8 mm. Reproductivni ciklus vrste je pokazao kontinuiranu godišnju gametogenetsku aktivnost, bez razdoblja mirovanja. Opseg jajnih stanica je varirao od 8 do 836 μm , sa srednjacima od $163,7 \pm 72,4 \mu\text{m}$ u ožujku do $370,6 \pm 95,2 \mu\text{m}$ u listopadu. Promjene indeksa kondicije su približno slijedile promjene u reproduktivnom ciklusu, dok je promatrano smanjenje vrijednosti indeksa kondicije u razdoblju od srpnja do studenog odražavalo produženo razdoblje mrijesta ove vrste. Srednji mjesečni gonadni indeks oba spola je bio najviši u razdoblju od lipnja do listopada. Analizom izlova brbavice *V. verrucosa* u razdoblju od 2008. do 2011. godine pokazalo se da je izlovljavanje najviše u područnim jedinicama Split i Pula te u ribolovnim zonama G i A.

(122 stranica, 57 slika, 25 tablica, 189 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u: Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu te Sveučilišnoj knjižnici u Splitu

Ključne riječi: Jadransko more; *Venus verrucosa*; histologija; starost; rast; indeks kondicije; opseg oocita; spolna zrelost; razmnožavanje

Mentor/komentor: prof. dr. sc. Anamarija Frankić, izvanredni profesor
prof. dr.sc. Melita Peharda Uljević, izvanredni profesor

Ocjenjivači: 1. Prof. dr. sc. Sanja Matić Skoko, izvanredni profesor
2. Prof. dr. sc. Nedo Vrgoč, izvanredni profesor
3. Doc. dr. sc. Ivana Bočina, docent

Rad prihvaćen: 18. prosinca 2012.

BIOLOGICAL – ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BIVALVE *VENUS VERRUCOSA* L. (BIVALVIA: VENERIDAE) IN THE ADRIATIC SEA

Zvezdana Popović

University of Split, University Department of Marine Sciences

Abstract

The study analyzed samples of *Venus verrucosa* Linnaeus, 1758 collected from five areas in the eastern Adriatic including western coast of Istra, Paški Bay, Starigrad-Paklenica, Kaštela Bay and Mali Ston. Samples were collected with hydraulic dredge vongolara and SCUBA diving. Results of the marginal increment analysis showed annual periodicity of ring formation, with dark ring added during the summer season. The data on population structure and growth dynamics were accessed while the von Bertalanffy growth curves were fitted with ranges for: asymptotic length (L_{∞}) from 48.2 mm (Istria) to 57.9 mm (Pag Bay), growth coefficient (k) of 0.20 year⁻¹ (Pag Bay) 0.31 year⁻¹ (Istria). The range of values for phi-prime index (ϕ') varied from 2.80 (Starigrad-Paklenica) to 2.92 (Kaštela Bay). Individuals older than ten years, represented a small proportion of the catch with 11% in Mali Ston, 9% in Pag Bay, 5% in Istria, 2% in Starigrad-Paklenica and 1% in Kaštela Bay. The gender ratio was not significantly different from the ratio 1:1, and hermaphroditic animals were not found. In our study 50% of individuals reached first sexual maturity at length of 25.8 mm. The reproductive cycle of species showed continuous annual gametogenic activity, without a phase of a resting period. Oocyte perimeter ranged from 8 to 836 μm , with the means ranging from $163.7 \pm 72.4 \mu\text{m}$ in March to $370.6 \pm 95.2 \mu\text{m}$ in October. Changes in condition index approximately followed changes in the reproductive cycle, whilst observed decrease of condition index in period from July to November reflected prolongation of the species spawning period. Mean monthly gonad index of both sexes was highest in the period from June to October. Analysis of *V. verrucosa* harvesting in a period from 2008 to 2011 proved to be the most exploited in regional units Split and Pula and in the fishing zones G and A.

(122 pages, 57 figures, 25 tables, 189 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in: National and University Library in Zagreb and Split University Library

Keywords: Adriatic Sea; *Venus verrucosa*; histology; age, growth, condition index; oocyte perimeter; sexual maturity; reproduction

Supervisors: Anamarija Frankić, Ph.D. / Associate Professor
Melita Peharda Uljević Ph.D. / Associate Professor

Reviewers: 1. Sanja Matić Skoko, Ph.D. / Associate professor
2. Nedo Vrgoč, Ph.D. / Associate professor
3. Ivana Bočina, Ph.D. / Assistant professor

Thesis accepted: December, the 18th, 2012

1. UVOD

Razred školjkaša (Bivalvia) pripada podcarstvu višestaničnih životinja (Metazoa), grani Eumetazoa, razvojnoj liniji prvousta (Protostomia), tipu organizacije beskolutićavaca (Ameria), i koljenu mekušaca (Mollusca) od kojih ~ 85.000 opisanih vrsta, živi u moru (Chapman, 2009). Prvi su se školjkaši u moru pojavili u doba ranog kambrija (paleozoik), prije otprilike 620 milijuna godina. Zbog ljuštire građene od kalcijeva karbonata, školjkaši su dobro očuvani fosili i često služe kao paleontološki markeri. Mnoge se vrste nisu bitno mijenjale više stotina milijuna godina (Yonge, 1960; Morton, 1991; Gabbi, 2000).

Školjkaši su jedan od deset razreda (Caudofoveata, Solenogastres, Poliplakofora, Monoplakofora, Gastropoda, Cephalopoda, Bivalvia, Scaphopoda, Rostroconchia, Relcionelloida) koljena mekušaca (Mollusca) od kojih su dva u potpunosti nestala (Rostroconchia, Relcionelloida) (Haszprunar, 2001). Unutar razreda školjkaša kroz povijest postoje brojne klasifikacije. Thiele (1935) je uveo taksonomiju školjkaša kojom ih dijeli u tri reda Taxodonta, Anisomyaria i Eulamellibranchiata. Newell (1969) predstavlja taksonomiju temeljenu na građi brave i zubića ljuštire kojom navodi čak šest podrazreda Paleotaxodonta, Cryptodonta, Pteriomorphia, Paleoheterodonta, Heterodonta i Anomalodesmata. Također, postoji i alternativna sistematska shema koju je predložio Franc (1960), koja dijeli razred školjkaša na temelju građe škrga na Protobranchia, Filibranchia i Eulamellibranchia. Taksonomija u 2010. godini obuhvaća podjelu temeljenu na različitim filogenetskim podacima koji uključuju molekularnu analizu, anatomsku analizu, morfologiju ljuštire i njene mikrostrukture kao i bio-geografske, palobiogeografske i stratigrafske podatke (Bouchet i sur. 2010). Temeljen na navedenim istraživanjima, predložen je novi klasifikacijski sustav koji je 2012. godine prihvaćen i od strane svjetskog registra morskih vrsta, „World Register of Marine Species“, gdje prepoznajemo 324 porodice od kojih su 214 fosilne, a 110 iz nedavne prošlosti. Predložena klasifikacija u 2011.-oj godini (Carter i sur. 2011) razred školjkaša dijeli u četiri podrazreda: Heterodonta, Paleoheterodonta, Protobranchia i Pteriomorpha. Metodama molekularne filogenije nastavlja se raditi na daljnjem rasvjetljavanju blisko povezanih organizama te pročišćavanju taksonomije Bivalvia.

Iako se dugo smatralo da na svijetu živi više od 20.000 živućih vrsta školjkaša (Matonićkin i sur. 1998; Poppe & Goto 1993), u nedavnoj publikaciji Huber (2010) navodi da navedena brojka ne može biti dokazana te daje broj od otprilike 9.200 recentnih vrsta školjkaša raspoređenih unutar 1.260 rodova i 106 porodica. Morski školjkaši, uključujući i vrste u boćatim

vodama i estuarijima, predstavljaju oko 8.000 vrsta, svrstanih u četiri podrazreda, 99 porodica i 1.100 rodova. Najveće recentne morske porodice školjkaša su Veneridae s više od 680 vrsta te Tellinidae i Lucinidae, svaka s više od 500 vrsta (Huber, 2010). Na području Sredozemnog mora pronađeno je oko 360 vrsta školjkaša (Sabelli i sur. 1990a, b) dok prema Zavodniku (1999) u istočnom Jadranu obitavaju 224 vrste školjkaša.

Ekosustavi prirodnih staništa školjkaša, dna s kućicama, kamenicama, kapicama i dagnjama, pod utjecajem su mnogih vanjskih pritisaka. Uz utjecaje kao što su uništavanje staništa, dredžanje i mijenjanja obalne linije, zagađenje, uvođenje parazita i bolesti, populacije školjkaša su i objekt intenzivnog ribarskog pritiska (National Shellfisheries Association, 2006). U Hrvatskoj se prema Zakonu o morskom ribarstvu (NN 56/2010) školjkaši mogu sakupljati kroz gospodarski ribolov, mali ribolov i rekreacijsko – športski ribolov. Mali ribolov podrazumijeva sakupljanje samo za osobne potrebe, dok rekreacijsko – športski ribolov podrazumijeva sakupljanje do 5 kg školjkaša (ili drugih morskih organizama) dnevno. Za razliku od školjkaša sakupljenih kroz gospodarski ribolov, školjkaši sakupljeni kroz mali ili rekreacijsko – športski ribolov ne smiju se stavljati u promet. Prema službenoj statistici Republike Hrvatske, godišnji ulov svih morskih organizama iznosi oko 30.000 t, od čega na školjkaše otpada svega 100 t, međutim ove podatke treba uzeti s velikom rezervom s obzirom na to da je vrlo vjerojatno ukupan godišnji ulov školjkaša značajno veći od navedenih vrijednosti (Peharda i sur. 2008). Najveći udio u ukupnom ulovu ima dagnja (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) s 45% i kamenica (*Ostrea edulis* Linnaeus, 1758) sa 17% od ukupnog ulova (izvor podataka: Uprava za ribarstvo, 2008). Pored ove dvije vrste, ovisno o području, sakuplja se još oko 16 vrsta od kojih su najznačajnije brbavica (*Venus verrucosa* Linnaeus, 1758), kućica (*Venerupis decussata* (Linnaeus, 1758)), lakirka (*Callista chione* (Linnaeus, 1758)), kunjka (*Arca noae* Linnaeus, 1758) i jakovljeva kapica (*Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758)) (Peharda i sur. 2008).

Znanstvene i gospodarske zajednice su nedavno počele shvaćati važnu ekološku ulogu školjkaša pored njihove gospodarske vrijednosti. Školjkaši filtriraju morsku vodu i konzumiraju raznolike suspendirane čestice (seston) kao što je mikroskopski fitoplankton, a novija istraživanja ukazuju da značajan dio ishrane sačinjavaju i bakterije, mikrozooplankton, anorganske čestice, detritus, te otopljeni organska tvar (DOM), kao što su aminokiseline i šećeri iz vodenog stupca (Gosling, 2003; Davenport i sur. 2011; Ezgeta-Balić i sur. 2011; Peharda i sur. 2012a). Filtriranje morske vode olakšava prodor svjetla do morskih cvjetnica koje rastu ukorjenjene na morskom dnu, npr. dna s vrstom *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813, koja su zaštićena Zakonom o ugroženim staništima prema Natura 2000 Direktivi o zaštiti

prirodnih staništa i divlje faune i flore, a u Hrvatskoj Pravilnikom o ugroženim staništima (NN 7/2006; NN 119/2009). Školjkaši su dobri indikatori stresa u morskom okolišu zbog široke geografske rasprostranjenosti, relativne tolerancije na široki spektar okolišnih uvjeta, filtriranja velikih volumena vode i koncentriranja mnogih kemikalija i kontaminanata iz određenog područja u svom tkivu te imaju nekoliko načina odgovora na stres vidljivih u ponašanju i fiziologiji koji su lako i brzo mjerljivi. Zbog sedentarnog načina života i ishrane filtriranjem, prepoznati su kao dobri pokazatelji i pratitelji promjena u ekosustavu na varirajućim skalama od sata do godina. Koriste se kao kratkotrajni i dugotrajni pokazatelji stresa u okolišu u obalnim i estuarijskim vodama (Dame, 1996). Nadalje, kemijski sastav ljuštura školjkaša može osigurati vrijednu informaciju o globalnim promjenama u okolišu (Richardson, 2001).

Zbog pravilnog gospodarenja te zaštite nekih razvojnih faza određenih vrsta morskih organizama propisane su prikladne prostorno – vremenske zabrane. Zabranjeno je sakupljanje školjkaša na područjima koja predstavljaju posebna staništa (NN 148/2004), a to su dijelovi ribolovnog mora koji obuhvaćaju ušća rijeka, zaljeve, uvale i kanale, u kojima postoje pogodni uvjeti za razvoj riba i drugih morskih organizama te koja su njihova mrijestilišta, hranilišta, rastilišta ili skloništa. Iako rezultati različitih anketa među školjkarima na istočnoj strani Jadrana ukazuju na pad biomase školjkaša (Vrgoč i sur. 2009), ovaj negativni trend bi se mogao zaustaviti pravilnom regulacijom i eliminacijom ilegalnih i nesavjesnih sakupljača, jer se radi o potencijalno obnovljivom izvoru. Povećanjem minimalne dozvoljene dužine sakupljanja pojedinih vrsta omogućilo bi se više ciklusa razmnožavanja, a uvođenjem pojedinih vrsta u akvakulturu smanjio bi se pritisak na njihove prirodne populacije. Vremenskim i prostornim zabranama sakupljanja školjkaša omogućilo bi se obnavljanje uništenih populacija na određenim područjima.

Pronalaženje ravnoteže između racionalnog iskorištavanja i zaštite te očuvanja ekosustava jedini je način za optimizaciju čovjekova dugotrajnog iskorištavanja prirodnih izvora. Pri procjeni održivosti marikulture temeljene na prikupljanju i ribolovu potrebno je uzeti u obzir cjelokupan utjecaj na okoliš, imajući u vidu složenost pojedinog ekosustava (Ottolenghi i sur. 2004). Osim zagađenja, turizma i drugih ljudskih aktivnosti na kopnu i obalnom području koje bitno utječu na morski okoliš, pretjerani zahtjevi za drugim izvorima kao što je morska hrana, vode do degradacije staništa i smanjenja biomase u ekosustavu (United Nations Environment Programme, 2006). Akvakultura preuzima pritisak s prirodnih populacija riba i školjkaša te ujedno promovira održivost prirodnog ekosustava. Kako bi izišli u susret rastućim zahtjevima za zdravom morskom hranom, u potpunosti moramo prihvatiti i proširiti akvakulturnu proizvodnju.

Prema Organizaciji za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO), globalnu akvakulturnu proizvodnju će trebati

udvostručiti do 2050.-e da bi se zadovoljili zahtjevi potrošača. Važno i brzorastuće područje svjetske akvakulturne proizvodnje je kultura školjkaša koja predstavlja otprilike 20% proizvodnje sektora sa 14 milijuna t u 2000.-oj (FAO, 2006). Ukupna hrvatska godišnja akvakulturna proizvodnja koja uključuje uzgoj bijele ribe, plave ribe i školjkaša iznosi oko 12.000 t, ukupne vrijednosti oko 876 milijuna kn (120 milijuna €). Ukupna godišnja proizvodnja sastoji se od oko 5.000 t lubina (*Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)) i komarče (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758), 4.000 t tune (*Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758)), 3.000 t dagnje (*M. galloprovincialis*) i oko milijun komada kamenica (*O. edulis*). Ukupna proizvodnja u marikulturi u 2010. godini iznosila je 10.892 t (Ministarstvo poljoprivrede, 2012). Strateški cilj hrvatske proizvodnje iz 2001. godine bio je dostići godišnju proizvodnju od 10.000 t ribe i 20.000 t školjkaša iz morskog uzgoja u ovom desetljeću (Katavić i sur. 2004). Međutim, navedeno povećanje nije ostvareno. Za pretpostaviti je da će se do stjecanja punopravnog članstva Hrvatske u Europskoj Uniji u 2013. godini otvoriti novo veliko tržište za proizvode iz hrvatske marikulture, ali s trenutnim kapacitetom proizvodnje, konkurentnost se na zahtjevnom europskom tržištu teško može ostvariti. Da bi se postigli strateški ciljevi te se eliminirao pritisak na prirodne populacije školjkaša potrebno je povećati raznolikost proizvodnje te proširiti područja namijenjena njihovom uzgoju u akvakulturi.

Ovo je istraživanje potaknuto činjenicom da su biološke i ekološke značajke te dinamika populacije brbavice *V. verrucosa* koja je vrlo zastupljen školjkaš duž istočne obale Jadranskog mora i Sredozemlja u cjelini vrlo slabo poznate, a izrada strateških planova održivog gospodarenja vrstom treba se temeljiti na istraženoj biologiji vrste (Conides i sur. 2004). Stoga se nameće potreba za temeljitim istraživanjem ove vrste, s ekološkog i ribarstvenog gledišta. S obzirom na to da postoji porast potražnje za proizvodima mora, brbavica *V. verrucosa* je s ekonomskog stajališta potencijalno pogodan kandidat za akvakulturu (Rossi i sur. 1994; Arneri i sur. 1998; Tirado i sur. 2003), no do danas se na području uzgoja postiglo vrlo malo uspjeha, a standardizirana metoda kontrolirane proizvodnje još ne postoji (Gavrilović i sur. 2009, 2010).

1.1. Svrha i ciljevi istraživanja

Unatoč ekološkoj važnosti i visokoj gospodarskoj vrijednosti, brbavica *Venus verrucosa* do danas nije bila objekt detaljnog istraživanja na hrvatskom dijelu Jadranskog mora. Istraživanje je provedeno da bi se stekao uvid u dinamiku rasta, sastav populacija, razvojni ciklus vrste i veličine jedinki pri prvoj spolnoj zrelosti, te u izlov ove vrste duž istočne obale Jadrana. S obzirom na to da ovakav pristup istraživanju do sada nije proveden na istraživanom području, rezultati ovog istraživanja daju temelje za razvoj preporuka za dugotrajno održivo gospodarenje ovom vrstom školjkaša u Jadranu. Osim formiranja okvira preporuka za održiv izlov vrste, disertacija doprinosi razvoju akvakulture školjkaša jer predstavlja podatke o dinamici rasta i reproduktivnom ciklusu brbavice *V. verrucosa* koji su nužni za procjenu uzgojnog potencijala te mogu poslužiti kao osnova za buduća istraživanja na tehnologiji kontrolirane reprodukcije brbavice.

Ciljevi ovog doktorskog istraživanja su sljedeći:

- Biološkim i ekološkim analizama utvrditi sastav populacija brbavice *V. verrucosa* duž istočne obale Jadranskog mora te dati osobitosti rasta.
- Utvrditi srednju duljinu školjkaša pri formiranju prstenova rasta.
- Utvrditi postojanje mogućih razlika među omjerima spolova te ispitati statističku značajnost tih razlika.
- Kvalitativnim i kvantitativnim metodama pratiti sazrijevanja gonada u tijeku jedne godine kod obaju spolova (histološka metoda) i odrediti razdoblje mrijesta.
- Utvrditi pri kojoj ukupnoj dužini školjkaš *V. verrucosa* prvi puta postaje spolno zreo.
- Utvrditi godišnje kolebanje indeksa kondicije.
- Analizirati podatke o izlovu i ribolovnom naporu za brbavicu *V. verrucosa*.

2. DOSADAŠNJE SPOZNAJE

2.1. Značajke razreda školjkaša (Bivalvia)

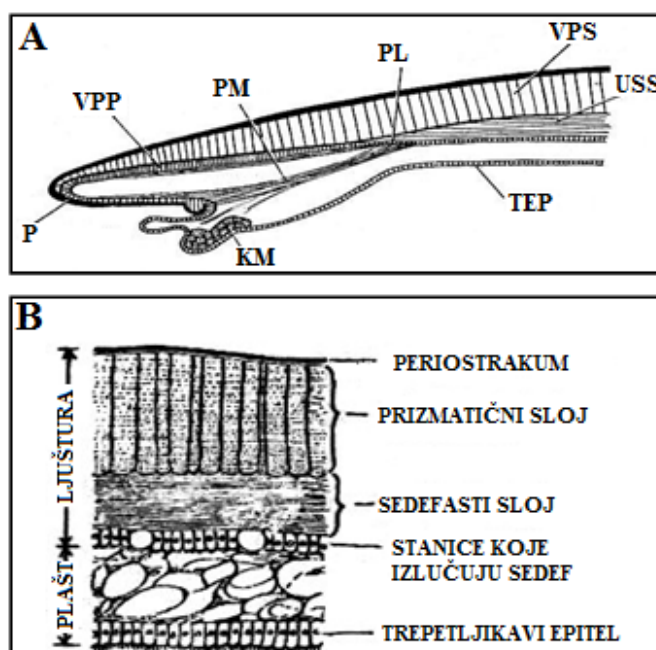
Osnovne morfološke značajke školjkaša uključuju bilateralno simetrično, često produljeno i uvijek bočno spljošteno tijelo unutar dviju ljuštura. Sastoji se od trupa, stopala i glave koja je reducirana. Mekano tijelo školjkaša je omotano plaštem koji prema stražnjem dijelu ljušture tvori dva sifona koji omogućavaju ulazak vode u plaštanu šupljinu (ulazni trbušni sifon), odnosno odvod vode prema vani (izlazni leđni sifon) (Matonićkin i sur. 1998). Plašt se sastoji od vezivnog tkiva s krvnim žilama, živcima i mišićima posebno dobro razvijenima prema rubu. S obje unutrašnje strane plašta smještene su škrge različita oblika, za filtraciju hrane i disanje. Mišićavo, sjekirasto stopalo, smješteno s donje strane tijela, kod mnogih vrsta školjkaša sadrži mnogobrojne žlijezde koje izlučuju sluz koja se u doticaju s vodom pretvara u duga i čvrsta bisusna vlakna za trajno ili privremeno učvršćivanje na podlozi. Stopalo je kod nekih vrsta potpuno nestalo. Ganglijski živčani sustav školjkaša je vrlo jednostavan i potpuno simetričan, a osjetne stanice su nagomilane na rubu plašta (Matonićkin i sur. 1998; Gosling, 2003). Vanjski epitel plašta izlučuje ljušturu školjkaša koju gradi s kalcijevim karbonatom (CaCO_3) iz hrane i morske vode, a sastoji se od vanjskoga tankog organskog sloja (periostracum), izgrađenog od konhiolina i jednoga ili dvaju slojeva izgrađenih uglavnom od kalcita, aragonita i tragova kalcijeva fosfata. Proces se sastoji od polaganja kristala kalcijeva karbonata na organski matriks koji je uglavnom protein, zvan konhiolin (polisaharid sličan hitinu).

Ljuštura se u većine vrsta školjkaša sastoji od tri sloja (Slika 2.1.1.):

1. Vanjski tanki organski sloj (periostrakum) izgrađen od konhiolina često zbog mehaničke abrazije, obraštaja, parazita ili bolesti, vrlo brzo nestaje nakon smrti životinje.
2. Srednji prizmatični sloj (ostrakum), od aragonita ili kalcita, koji je čvrsti i trajni dio ljušture u kristalnoj formi kalcijeva karbonata.
3. Unutrašnji sedefasti sloj (hipostrakum) sastavljen od lamelarnog, nesalomljivog aragonita koji može biti bez sjaja ili irizirajući (preljeva se u duginim bojama ili sjajni) ovisno o vrsti školjkaša (Wilbur & Yonge 1964; Gosling, 2003).

Obojenje ljušture nastaje zbog brojnih pigmenata i refleksijom svjetlosnih zraka o tanke listiće kalcijeva karbonata. S unutarnje strane ljuštura vidljiva je plaštena linija (palijalna crta), koja označava mjesto gdje mišićni rub plašta prirasta za ljušturu. Plaštena linija može biti

cjelovita (integripallata) ili s plaštenim sinusom (sinupallata) (Brusca & Brusca 1990; Matonićkin i sur. 1998).

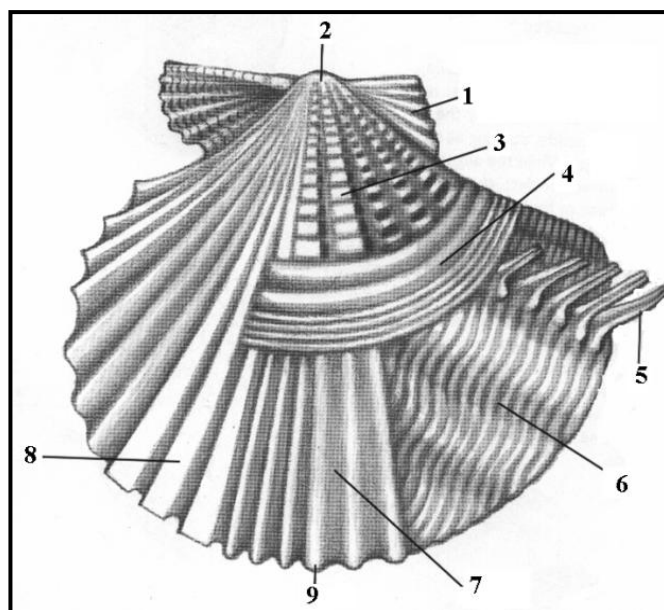


Slika 2.1.1. A) Presjek kroz ljušturu i plašt školjkaša (Izvor: Wilbur & Yonge 1964). P – periostrakum; VPP – vanjski pregib plašta; VPS – vanjski prizmatični sloj; USS – unutrašnji sedefasti sloj; PL – palijalna linija; PM – palijalni mišić; KM – kružni mišić; TEP – trepetljikavi epitel plašta. **B)** Presjek kroz ljušturu i plašt školjkaša (Izvor: Matonićkin i sur. 1998).

Obujam školjkaša povećava se rastom, tj. dodavanjem materijala na rubnim dijelovima plašta, dok je za povećanje debljine i težine ljuštura odgovoran organski matriks. Specijalizirane stanice na rubu plašta polažu kalcij karbonat u dvjema osnovnim kristalnim formama: kalcit s prizmatičnom strukturom i aragonit s listastom ili laminarnom strukturom. Strukturna organizacija ljuštura znatno varira ovisno o vrsti (Wilbur & Yonge 1964).

Skelet školjkaša se sastoji od lijeve i desne, obično simetrične, konveksne vapnene ljuštura. Uglavnom su na dorzalnoj strani ljuštura spojene ligamentom, koji se sastoji od vanjskog, neelastičnog, konhiolinskog i unutarnjeg elastičnog, hrskavičnog sloja. Unutarnji elastični sloj (hrskavica) služi kao antagonist za mišiće zatvarače (aduktore). Kod nekih školjkaša konhiolinska je veza elastični rezilij smješten između rubova ljuštura. Ispod elastične veze, u većine školjkaša, nalaze se zubići s odgovarajućim udubinama na drugoj ljušturi tzv. brava. Zubići smješteni ispod umba (kljuna) ili u njegovoj blizini nazivaju se glavni zubići, a oni dalje od umba su postrani zubići. Ljuštura ima važnu ulogu u životu školjkaša: služi kao zaštita

od predatora, kao mjesto hvatišta za mišiće te sprječava ulazak mulja i pijeska u plaštanu šupljinu kod vrsta koje se zakopavaju. Vanjska površina ljušture može biti glatka ili skulpturirana. Oko najstarijeg dijela ljušture, umba, raspoređene su pruge prirasta uz koje mogu biti okomiti, rjeđe kosi nabori ili rebra, pa može postojati i prava radijalna struktura rebra, žljebova i bodlji. Boja, oblik i oznake na ljušturi (Slika 2.1.2.), variraju kod različitih grupa školjkaša. Naznačene morfološke značajke ljuštura važne su prilikom određivanju vrste školjkaša (Brusca & Brusca 1990; Marguš, 1998; Matoničkin i sur. 1998; Gabbi, 2000; Gosling, 2003).



Slika 2.1.2. Strukture na vanjskoj površini ljušture hipotetskog školjkaša. 1 – aurikule; 2 – umbo; 3 – isprekidana radijalna rebra; 4 – koncentrična rebra i pruge; 5 – bodlje; 6 – kose ornamentacije; 7 – radijalni nabori; 8 – radijalna rebra; 9 – stražnji rub ljušture (Izvor: Gabbi, 2000).

Reproduktivni sustav školjkaša je vrlo jednostavne građe. Parne gonade sastoje se od razgranatih tubula koji formiraju kanaliće vodeći u kratki gonodukt koji se otvara u plaštanu šupljinu u blizini nefridiopora (Gosling, 2003). Gonade se kod školjkaša kontinuirano razvijaju kroz nekoliko faza (mirovanje, razvoj, zrele, djelomično izmriještene, izmriještene), a kada su zrele čine značajan dio tjelesne mase školjkaša. Gamete se, osim kod larviparnih vrsta, otpuštaju u vodenu sredinu kroz izlazni otvor plaštane šupljine, odnosno, sifon. Nakon ispuštanja gameta dolazi do oplodnje u vanjskoj sredini (Helm & Bourne 2004).

Svi školjkaši prolaze godišnji reproduktivni ciklus koji uključuje razdoblje gametogeneze nakon kojeg slijedi mrijest. Ovisno o vrsti, geografskom području i okolišnim uvjetima do tog procesa dolazi jednom ili više puta godišnje (Iglesias i sur. 1996; Avendaño & Le Pennec 1997). Nakon toga slijedi kratko razdoblje mirovanja, a potom ponovno započinje gametogeneza. U stadiju spolnog mirovanja, školjkaši nakupljaju hranjive tvari neophodne za izgradnju spolnih stanica za sljedeću spolnu aktivnost (Hrs-Brenko, 1971). Cijeli proces je energetski vrlo zahtjevan. Tijekom godišnjeg ciklusa hranjive tvari se skladište kada je hrana obilna i dostupna, a gonadna aktivnost minimalna. Glavna pričuvna tvar za gametogenezu je glikogen. Kod mužjaka se iz primarnih spermatogonija nizom mitotičkih dioba razvijaju sekundarne spermatogonije. Mejotičkom diobom iz njih nastaju spermatocite, a od njih spermiji. Kod ženki iz primarnih oogonija nastaju sekundarne iz kojih će se mejotičkom diobom razviti oocite, no mejoza se zaustavlja u profazi I i nastaviti će se nakon oplodnje. Oocite rastu ovisno o vrsti te prolaze fazu vitelogeneze tijekom koje se u njima akumuliraju hranjive tvari za embrionalni razvoj (Gosling, 2003).

Kod većine školjakaša spolno sazrijevanje više ovisi o veličini organizma, nego njegovoj starosti (Helm & Bourne 2004), a veličina i vrijeme sazrijevanja o vrsti i geografskoj rasprostranjenosti (Chávez-Villalba i sur. 2002; Helm & Bourne 2004). Temperatura, količina i kvaliteta hrane glavni su okidači gametogeneze (Chávez-Villalba i sur. 2002; Helm & Bourne 2004; Matias i sur. 2009). Primijećeno je da su dužine pojedinih razvojnih stadija gonada povezane s geografskim širinama, pa se npr. školjkaši tropskih mora razmnožavaju gotovo tijekom cijele godine, te nemaju jasno izraženo razdoblje spolnog mirovanja kao školjkaši hladnijih područja (Gosling, 2003). Temperatura potiče gametogenezu, a dostupnost hrane utječe na fekunditet i kvalitetu jaja (Heasman i sur. 1996; Utting & Millican 1997; Pronker i sur. 2008). Promjene saliniteta i temperature, u zreloj gonadnoj fazi, potiču mrijest (Turolla & Rossi 2004; Rueda i sur. 2005). Jednom kada proces mrijesta započne, prisutnost gameta u vodi potiče i druge jedinice da se mrijeste (Gosling, 2003). Utjecaj okolišnih promjena na godišnji reproduktivni ciklus i njihova izravna veza s razvojem gonada razlikuje se od vrste do vrste te među različitim populacijama iste vrste, ovisno o geografskom položaju i eventualnim genetskim različitostima, pa se jedinice iste vrste mogu mrijestiti u različitim razdobljima (Chávez-Villalba i sur. 2002; Turolla & Rossi 2004; Magnesen & Christophersen 2008). Nakon ispuštanja zrelih spolnih produkata u vanjsku sredinu odvija se oplodnja, nakon čega se završava mejotička dioba zaustavljena u profazi I tijekom gametogeneze. U prvom satu se, ukoliko je oplodnja uspješna, razvijaju dva polarna tijela te slijedi nekoliko brzih mitotičkih dioba (Gosling, 2003; Helm & Bourne 2004; Turolla & Rossi 2004). Kroz 24 sata oplodena jajna stanica prolazi stadije blastule

i gastrule, formiraju se cilije i embrio počinje plivati. Nakon 24 – 36 sati razvija se ličinka trokofora veličine oko 60 – 80 μm , ovalnog oblika, a red cilija na središnjem dijelu i dugački apikalni bič omogućuju joj plivanje i samostalno održavanje u vodenom stupcu. Rani ličinački stadij naziva se prodissoconch I ili D stadij zbog oblika ljušturice koja se razvija. Ličinke su u toj fazi veličine oko 80 – 100 μm (Helm & Bourne 2004). Imaju razvijeni probavni sustav i velum (cilijarni organ koji služi za plivanje i hranjenje) te se još nazivaju i *veliger ličinke*. Tijekom otprilike tjedan dana, ovisno o uvjetima sredine i vrsti školjkaša, razvija se umbo. Kako ličinke rastu umbo postaje sve izraženiji, a nastali se stadij naziva prodissoconch II. Ličinke su različitih oblika po kojem je moguće razlikovati vrste školjkaša u planktonu. Pred metamorfozu razvija se stopalo s cilijama i očnim pjegama, fotosenzibilan organ koji služi za orijentaciju (Gosling, 2003; Helm & Bourne 2004; Turolla & Rossi 2004). Navedeni stadij, u kojem je veličina ličinke obično 200 – 330 μm naziva se pediveliger (Helm & Bourne 2004; Turolla & Rossi 2004).

Pediveliger ličinke su negativno fototaksične te se postupno spuštaju kroz stupac vode prema dnu gdje aktivno istražuju supstrat, pužu i ispituju čestice koristeći stopalo. Kako još uvijek imaju velum ponekad ponovno otplivaju dalje i tako nekoliko puta dok ne nađu odgovarajuću podlogu na koju će pristati. Ličinke mogu odgoditi prihvrat i nekoliko tjedana ako im supstrat ne odgovara. Sve vrste kućica (porodica Veneridae) sjedaju na zrnce pijeska ili drugi sličan supstrat pomoću tanke bisusne niti. Glavna je funkcija bisusne niti da drži jedinku u uspravnom položaju i sprječava kotrljanje. Kako rastu i dobivaju na težini, kućice gube bisus, iako ga neke manje i lakše vrste mogu zadržati cijeli život. Metamorfoza je kritična faza u životu školjkaša. Gubi se mogućnost pokretanja, luči se mala ljuštura, a organi se reorganiziraju i razvijaju, te jedinke dobivaju morfološka i anatomska obilježja odraslih primjeraka svoje vrste. Ova faza traje nekoliko dana tijekom kojih se ličinka ne hrani, već koristi pričuvu prikupljenu tijekom planktonskog načina života. Metamorfozom završava planktonski i počinje bentoski (sedentarni) način života (Gosling, 2003).

2.2. Dosadašnja istraživanja sastava populacija i dinamike rasta školjkaša u Jadranu

Dosadašnja istraživanja na prirodnim populacijama školjkaša u Jadranu koja se temelje na biologiji i pojavnosti različitih vrsta školjkaša uključuju sljedeća istraživanja: Hrs-Brenko i sur. (1990), Hrs-Brenko (1997), Legac i Hrs-Brenko (1999), Legac (2003), Zavodnik i sur.

(2006) i Peharda i sur. (2010). Pregled povijesti istraživanja školjkaša na području istočnog dijela Jadranskog mora naveden je u disertaciji Peharda Uljević (2003).

Brojna istraživanja su obavljana na dvije gospodarski najznačajnije vrste školjkaša na istočnoj obali Jadrana, kamenici (*Ostrea edulis*) i dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) (Benović, 1997). U prve radove o rastu ovih gospodarski vrijednih vrsta školjkaša može se ubrojiti rad Morovića (1958) o rastu kamenice u Mljetskim jezerima, zatim radovi Marinkovića i Nikolića (1963), Marinkovića-Roje i Nikolića (1967) te Marinkovića-Roje (1968) o rastu, mortalitetu i kemijskom sastavu dagnji i kamenica u Limskom kanalu. Naseljavanje dagnji na kolektore, njihov rast i mogućnost uzgoja na području ušća rijeke Krke istraživali su Marguš (1983), Marguš i Teskeredžić (1986), te Marguš i sur. (1988, 1990). Znatna priloga poznavanju rasta kamenice i dagnje u uzgoju u Malostonskom zaljevu dali su Morović i Šimunović (1969). U kasnijim istraživanjima ispitivan je njihov rast na različitim dubinama (Šimunović, 1981), te je proučavana dinamika rasta dagnje povezana s populacijama fitoplanktona i mikrozooplanktona (Jasprica i sur. 1997).

Osim istraživanja rasta uzgojnih vrsta, rast i starost ostalih gospodarski važnih vrsta školjkaša poput vrste *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) u istočnom dijelu Jadrana istraživali su Arneri i sur. (1997). Brzinu rasta plemenite periske (*Pinna nobilis* Linnaeus, 1758) su istraživali Mihailinović (1955a, b), Šiletić i Peharda (2003), Richardson i sur. (2004) te Kožul i sur. (u tisku). Starost i rast jakovljeve kapice (*Pecten jacobaeus*) na jedinkama iz komercijalnog ulova na sjevernom Jadranu istražili su Peharda i sur. (2003a). Peharda i sur. (2002, 2003b) su također dali znatne doprinose poznavanju rasta i starosti kunjke (*Arca noae*) kada su procijenili starost populacija na nekoliko područja duž obale Jadrana korištenjem metoda vanjskih površinskih prstenova rasta, palijalnih ožiljaka na unutrašnjoj površini ljuštura te prstenova i linija rasta na acetatnim preslikama prizmatičnog sloja ljuštura. Istraživanja rasta i starosti bijelih dagnji (*Modiolus barbatus* (Linnaeus, 1758)), do 2004. godine nisu poduzeta niti u jednom obalnom dijelu istočnog Jadrana, pa su istraživanja u zaštićenom Malostonskom zaljevu na ovoj vrsti bila značajan korak prema boljem poznavanju ove vrste. Korištene su metode analize palijalnih ožiljaka na unutrašnjoj površini ljuštura kombiniranih s prstenovima rasta u sedefastom sloju ljuštura, analiza dužinskih frekvencija te analiza školjkaša markiranih s calceinom (Peharda i sur. 2007). Doprinos poznavanju rasta, starosti i indeksa kondicije vrste *Venerupis decussata* dali su Jurić i sur. (2012). Nedavna istraživanja rasta, starosti i strukture populacije školjkaša na istočnoj strani Jadrana obavljena su na vrsti *Callista chione* (Ezgeta-Balić i sur. 2011) te na vrsti *Acanthocardia tuberculata* (Linnaeus, 1758) (Peharda i sur. 2012b), a rast i starost na vrsti *Glycymeris nummaria* (Linnaeus, 1758) (Peharda i sur. 2012c).

2.3. Dosadašnja istraživanja razmnožavanja školjkaša u Jadranu

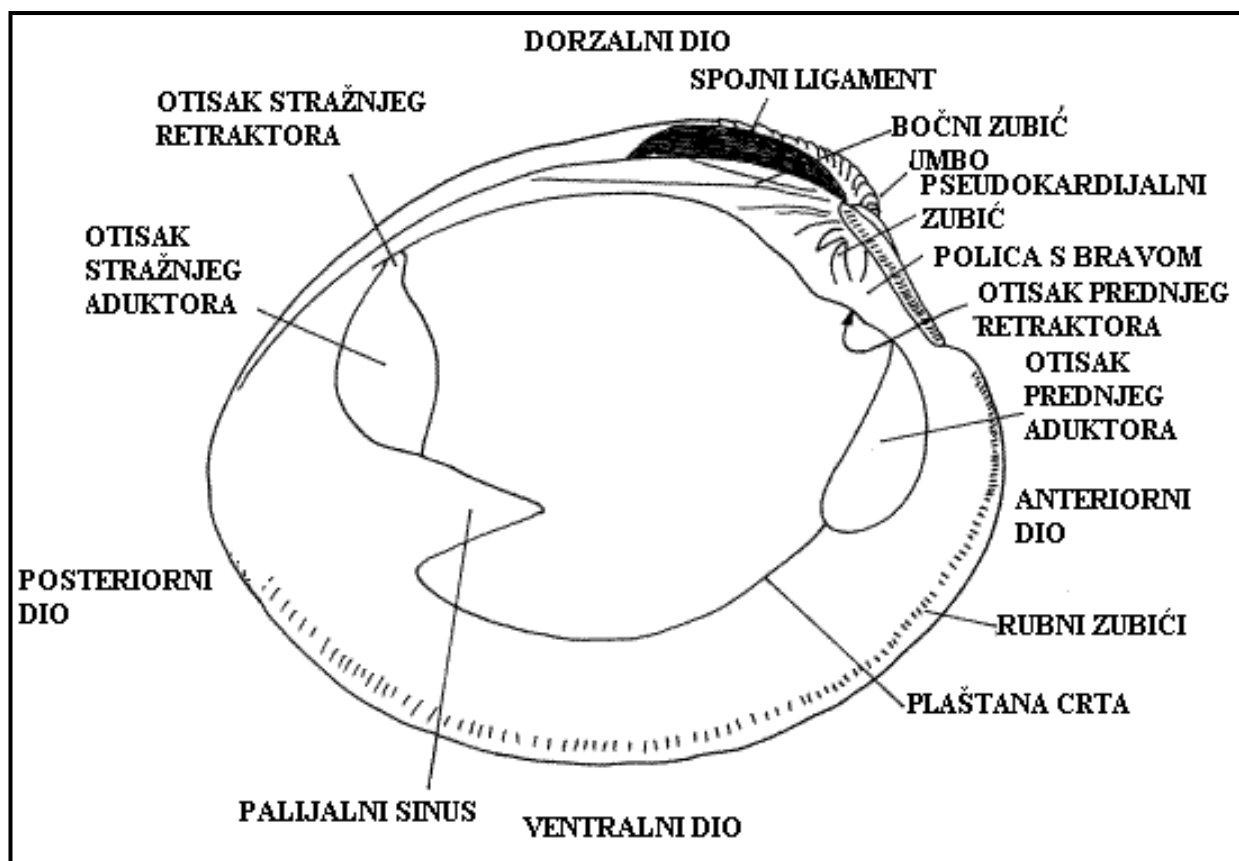
O dosadašnjim istraživanjima o vremenu mrijesta različitih vrsta školjkaša u Jadranu u literaturi nailazimo na različite podatke. Primjerice, istraživanja provedena na dagnji *Mytilus galloprovincialis* na području Sjevernog Jadrana pokazuju nam da ova gospodarski važna vrsta ima višemjesečni mrijest (Hrs-Brenko, 1971) te da indeks kondicije prati razdoblja reproduktivne aktivnosti kada je znatno smanjen i razdoblja reproduktivne neaktivnosti kada su njegove vrijednosti visoke (Hrs-Brenko, 1973). Mrijest dagnje na Jadranu i Mediteranu je primijećen kroz čitavu godinu, s proljetnim i jesenskim vrhuncem (Dardignac-Corbel, 1990). Marčelja (2009) je pratila godišnji reproduktivni ciklus kamenice *Ostrea edulis* u Malostonskom zaljevu u jednogodišnjem istraživanju pri čemu je utvrđeno da se kamenica mrijesti od ožujka do rujna s dva maksimuma, u proljetnom i jesenskom razdoblju. Prema podacima Graeffe (1903) i Vatova (1928, 1949) školjkaš *Arca noae* mrijesti se od svibnja do srpnja. Prema Peharda i sur. (2006) u Malostonskom zaljevu vrhunac mrijesta kunjke *A. noae* događa se između lipnja i srpnja. Kod ispitivanja reproduktivnog ciklusa školjkaša *Modiolus barbatus* utvrđeno je da se mrijest odvija ovisno o uvjetima u okolišu uključujući temperaturu, dostupnu hranu i niz drugih čimbenika (Turolla i sur. 2002) dok Mladineo i sur. (2007) navode vrhunac mrijesta u razdoblju od lipnja do kolovoza. Ciklus razmnožavanja i biometriju prstaca *Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758) istraživali su Šimunović i sur. (1990).

2.4. Dosadašnja istraživanja školjkaša iz porodice Veneridae

2.4.1. Pregled porodice Veneridae

Veneridae je velika i raznolika porodica Bivalvia koja uključuje oko 680 živućih vrsta, koje su razvrstane u oko 12 potporodica, sa 50 postojećih i 55 izumrlih rodova (Canapa i sur. 1996; Huber, 2010). Predstavnici ove obitelji žive u različitim morskim ekosustavima, a odlikuju se prilično jakim stjenkama ljuštura čija površina može biti glatka, prugasta ili s jakim koncentričnim rebrima. Često su jako skulpturirane i pigmentirane te se redovito nalaze na umjereno izloženim do zaštićenim pješčanim obalama. Ljušture su jednake ali ne jednakokrane s izraženim umbom okrenutim prema prednjoj (anteriornoj) strani. Svaka ljuštura ima tri kardinalna zubića, a ponekad i prednje – postranični zub (anteriorno-lateralni), prednji

(anteriorni) i stražnji (posteriorni) ožiljci mišića zatvarača su otprilike jednaki, a palijalna linija ima jasan sinus (Slika 2.4.1.). Europska fauna ove skupine uključuje 24 vrste (Hayward i sur. 1996).



Slika 2.4.1. Unutrašnjost lijeve ljuštore školjkaša porodice Veneridae (Izvor: Richard Fox, Lander University, <http://lanwebs.lander.edu/faculty/rsfox/invertebrates/mercenaria.html>).

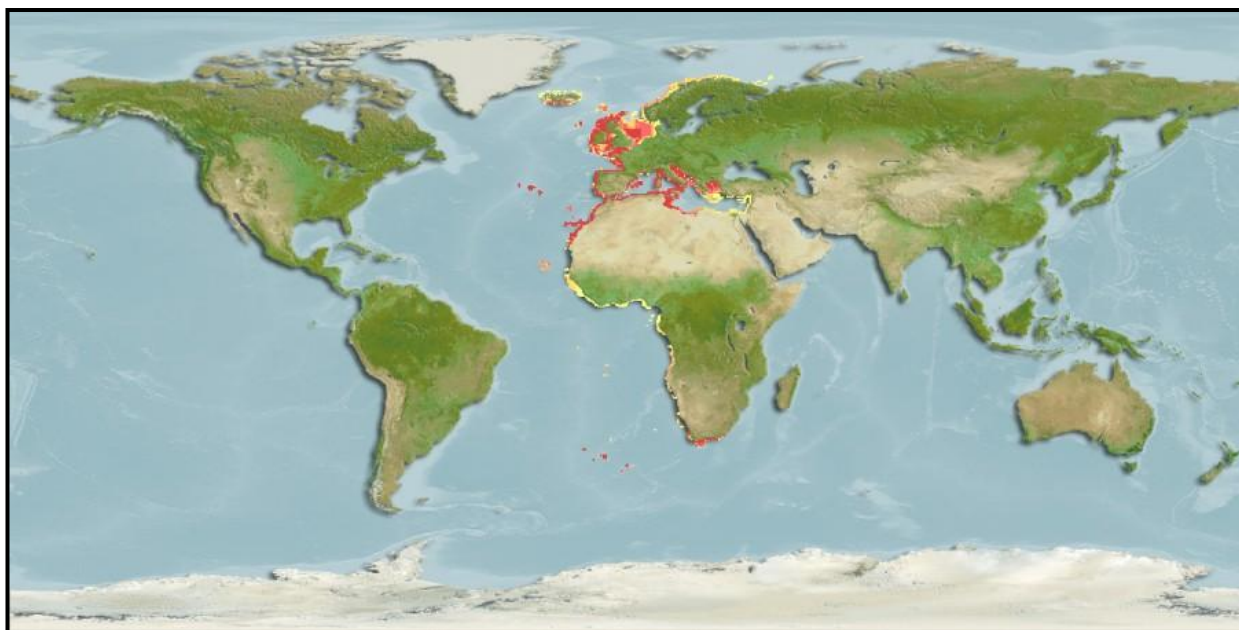
Sistematika porodice Veneridae je kontroverzna te je uočeno više razlika između različitih sistematskih radova. Prema Keenu (1969) razlikujemo slijedeće potporodice: Chioninae, Circinae, Clementinae, Cyclinae, Dosiniinae, Gemminae, Meretricinae, Pitarinae, Samaranginae, Sunettinae, Tapetinae i Venerinae. Mehanizmi prilagodbe različitim okolišima i načinima života snažno su utjecali na evoluciju porodice Veneridae, što je dovelo do nekoliko slučajeva paralelizma u malakološkim značajkama udaljenih srodnih vrsta i opsežnih malakoloških različitosti između blisko srodnih vrsta (Canapa i sur. 1996).

Neke od vrsta roda *Venus* koje nalazimo u Europi su: *Venus verrucosa*, *Circomphalus casina* (Linneus, 1758), *Clausinella fasciata* (da Costa, 1778), *Chamela gallina*, *Mercenaria mercenaria* (Linneus, 1758), *Pitar rudis* (Poli, 1795), *Timoclea ovata* (Pennant, 1777), *Callista chione*, *Gouldia minima* (Montagu, 1803), *Dosinia exoleta* (Linneus, 1758), *Dosinia lupinus*

(Linneus 1758), *Polititapes virgineus* (Linnaeus, 1767), *Polititapes aureus* (Gmelin, 1791), *Venerupius decussata* (Linneus, 1758), *Venerupis corrugata* (Gmelin, 1791), *Irus irus* (Linneus, 1758), *Turtonia minuta* (Fabricus, 1780) (Hayward i sur. 1996; WoRMS, 2012). Zbog problema sa sinonimima unutar roda *Venus* u tekstu su navedena valjana imena vrsta prema "World register of marine species – WoRMS" koja se razlikuju od imena vrsta navedenih u citiranim publikacijama (<http://www.marinespecies.org>, pristupljeno 10. 09. 2012. godine).

2.4.2. Biološke i ekološke značajke brbavice *Venus verrucosa*

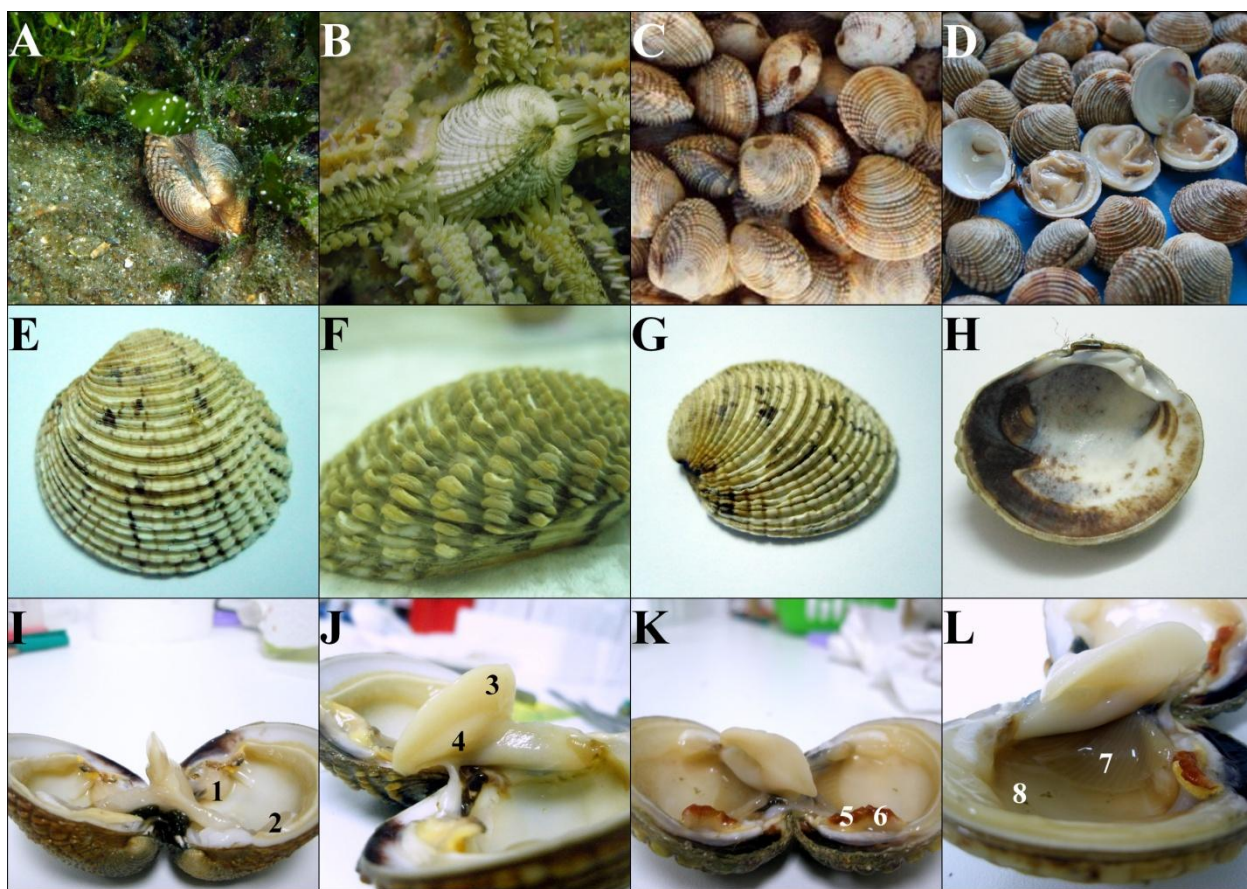
Brbavica *Venus verrucosa* iz reda Veneroida i porodice Veneridae, je uobičajena i gospodarski cijenjena vrsta školjkaša u mediteranskom području (Vaccarella i sur. 1998). Osim u Mediteranu, rasprostranjena je i u istočnom Atlantiku od Norveške do južne Afrike i dalje u Indijskom oceanu do Mozambika (Pope & Goto 1993) (Slika 2.4.2.).



Slika 2.4.2. Rasprostranjenost brbavice *Venus verrucosa* Linnaeus, 1758 (Izvor fotografije: <http://www.aquamaps.org>).

Brbavica *V. verrucosa* je uobičajena vrsta u Jadranu koju nalazimo na detritusnim slabo izmiješanim pjeskovitim dnima (Slika 2.4.3.). Karakteristična je svojta u biocenoza naselja vrste *Posidonia oceanica*, osobito česta u livadama navedene morske cvjetnice, gdje je gustoća lišća manja, a time je i temeljni sloj korijenja manje gust, sve do dubine od otprilike 25 m (Rossi

i sur. 1994; Bakran-Petricioli, 2007). Dužine ljuštura su najčešće u rasponu 35 – 50 mm, te se rijetko nalaze primjerci veći od 70 mm (Zavodnik & Šimunović 1997; Turolla & Rossi 2004). Zanimljivo je napomenuti da su Tirado i sur. (2003) u Španjolskoj pronašli jedinke veličine 76 mm. Stagličić i sur. (2012) utvrdili su u sjevernom Jadranu kod Pule maksimalnu dužinu od 52 mm i procijenili starost na 11,5 godina. Istraživanjem provedenim na jugozapadnoj obali Jadrana i u Grčkoj, Arneri i sur. (1998) procijenili su da su jedinke dužine 50 mm stare oko 9 godina, a pronašli su i jedinke stare 15 i 16 godina.

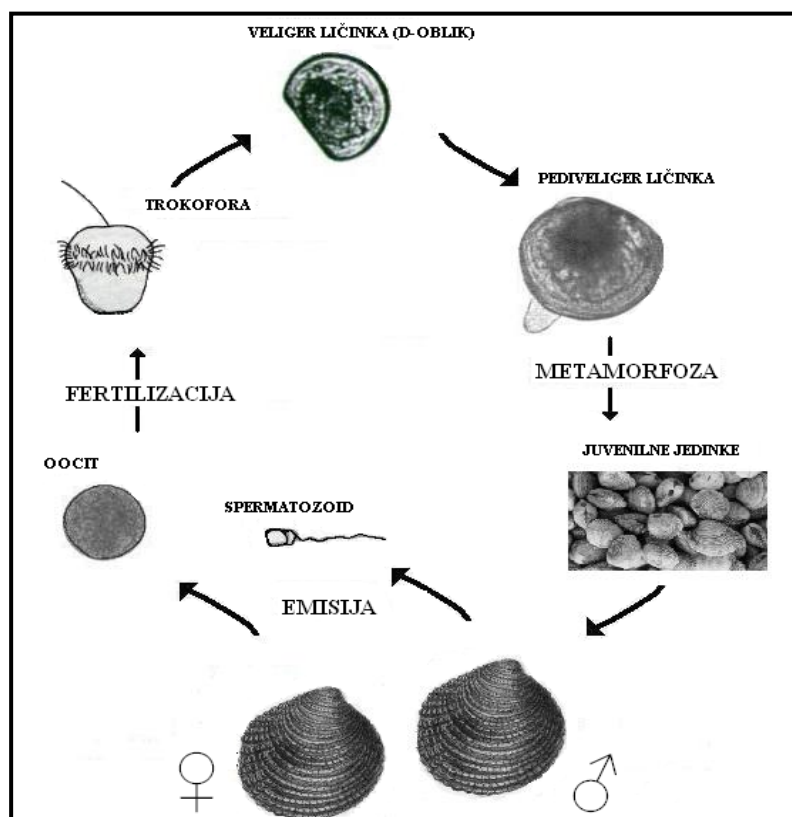


Slika 2.4.3. Brbavica *Venus verrucosa* (Koljeno: Mollusca; Razred: Bivalvia; Red: Veneroida; Porodica: Veneridae; Rod: Venus); **A:** brbavica *V. verrucosa* u prirodnom staništu (Izvor fotografije: Miro Andrić); **B:** predator brbavice *V. verrucosa*, kvrgava zvjezdača *Marthasterias glacialis* (Linnaeus, 1758) napada školjkaša u prirodnom staništu (Izvor fotografije: Josip Tomišin); **C-D:** izvađeni uzorci brbavice *V. verrucosa* **E-H:** ljuštura brbavice *V. verrucosa*, vanjska i unutarnja građa; **I-L:** unutarnja građa brbavice *V. verrucosa*. 1 – stražnji mišić zatvarač; 2 – prednji mišić zatvarač; 3 – stopalo; 4 – gonade ispod kojih je smještena probavna žlijezda; 5 – ulazni sifon; 6 – izlazni sifon; 7 – škrge; 8 – plašt.

Kod brbavice *V. verrucosa*, kao i kod većine školjkaša, spolni dimorfizam nije izražen. Obično se u populaciji nalazi jednak broj mužjaka i ženki. Budući da se spol ne može utvrditi prema vanjskim obilježjima, jedini način utvrđivanja bez žrtvovanja jedinke jest promatranje otpuštanja gameta (Gosling, 2003; Tirado i sur. 2003; Turolla & Rossi 2004).

Prema Turolla i sur. (2002) oplodnja kod brbavice *V. verrucosa* je vanjska, odvija se u vodenom stupcu, nakon čega dolazi do spiralnog brazdanja (Slika 2.4.4.). Kasnijim razvojem, biološki ciklus vrste započinje planktotrofnom ličinkom trokoforom. Prijelaz u prvi stadij veliger ličinke, D-oblik, nastupa vrlo brzo, za 8 – 12 sati, a traje 10 – 12 sati. Veliger ličinka se razlikuje od ranijih stadija po ljušturi, a i samostalno se hrani te aktivno pliva. Obje funkcije obavlja pomoću veluma, organa koji sadrži niz trepetljika. Veliger ličinka potom povećava svoje dimenzije i prolazi kroz niz morfoloških promjena do pediveliger ličinke. U zadnjem stadiju ličinka se priprema za metamorfozu koju obilježava prelazak iz pelagičnog u bentoski način života.

Usprkos visokoj cijeni i potražnji na tržištu, brbavica *V. verrucosa* još uvijek nije uvedena u akvakulturnu proizvodnju u Hrvatskoj. Prvi pokušaji mrijesta brbavice *V. verrucosa* na hrvatskom dijelu Jadrana su zabilježeni u 2009. godini (Gavrilović, 2009), a sljedeći korak bio bi proširivanje spoznaja o biologiji ličinačkih stadija ove vrste.



Slika 2.4.4. Reproductivni ciklus brbavice *Venus verrucosa* (Izvor: Turolla & Rossi 2004)

Španjolska je jedina Europska zemlja u kojoj se brbavica uzgaja od 2003. godine s proizvodnjom od svega jednu tonu godišnje (FAO, 2007). U Španjolskoj su Royo i sur. (2002) uzgajali ličinke brbavice na 20°C uz ishranu s dvjema vrstama algi (*Isochrysis galbana* Parke, 1949 i *Chaetoceros gracilis* Pantocsek, 1892). U koncentraciji ekvivalentnoj 50 stanica/ μm *I. galbana* pokazuju da je do metamorfoze *V. verrucosa* ličinki došlo nakon 19 dana, pri veličini od 209 μm . U eksperimentu u Hrvatskoj do metamorfoze je došlo pri veličini ličinke od 210 μm , ali nakon 25 dana i ishrane s četiri vrste algi u koncentraciji ekvivalentnoj 100 stanica/ μl *I. galbana* (Gavrilović i sur. 2010). Turolla i Rossi (2004) ističu da količina hrane za ličinke brbavice *V. verrucosa* ne bi smjela prelaziti koncentraciju 10 – 18 stanica/ μl te da do metamorfoze dolazi za 15 – 17 dana.

2.4.3. Dosadašnja istraživanja brbavice *Venus verrucosa*

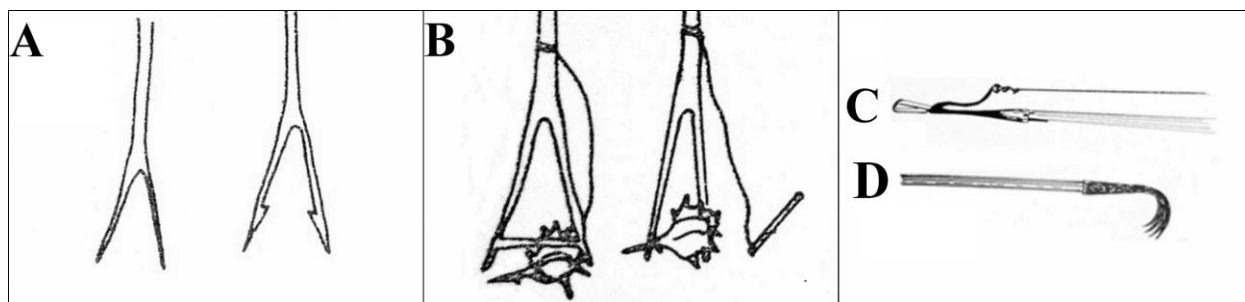
Ranija istraživanja provedena na brbavici *V. verrucosa* uključuju ispitivanja bioloških značajki i izlova ove vrste uz obale Bretanje i Normandije (Berthou i sur. 1980). Rast brbavice dosada je istraživao u južnom Jadranu i Egejskom moru (Arneri i sur. 1998) kao i na sjevernom Jadranu iz uzoraka prikupljenih iz komercijalnog ulova (Stagličić i sur. 2012). Arneri i sur. (1998) su na prerezima ljuštura ispitali stope rasta pet populacija brbavice *V. verrucosa*. Rubni prirast analizirali su na mjesečno prikupljenim jedinkama te pokazali godišnju periodičnost formiranja prstenova rasta i utvrdili da napola providan (spori rast) prirast nastaje za vrijeme ljeta, dok se neprovidan (brzi rast) prirast formira za vrijeme hladnijih sezona. Ustanovljene su dvije glavne grupe prema stopama rasta: brzo i sporo rastuće populacije. Stagličić i sur. (2012) u istraživanju na sjevernom Jadranu utvrdili su mali udio starijih jedinki u ukupnom ulovu. Većina pregledane populacije (80%) je bila mlađa od 9 godina te je predloženo povećanje minimalne izlovne veličine školjkaša.

Zavodnik i Šimunović (1997) navode da se u Jadranu brbavica *V. verrucosa* mrijesti krajem zime i u proljeće dok su rezultati Gavrilović i sur. (2009, 2010) prikazali da se brbavica *V. verrucosa* mrijesti krajem kolovoza i početkom rujna. Podaci o vremenu mrijesta brbavice *V. verrucosa* u različitim dijelovima Europe se razlikuju. Prema Marano i sur. (1980, 1982), navedena vrsta se u talijanskom dijelu južnog Jadrana mrijesti od srpnja do listopada, dok su Valli i sur. (1988) istražujući reproduktivni ciklus ove vrste u Tršćanskom zaljevu utvrdili da do mrijesta dolazi u razdoblju od travnja do rujna iako su obje studije pokazale da postoje duža vremenska razdoblja ponavljajućeg otpuštanja gameta. Slično prethodno navedenim autorima, dugačko razdoblje asinkronog mrijesta opisali su i Arneri i sur. (1998) nakon preliminarnih

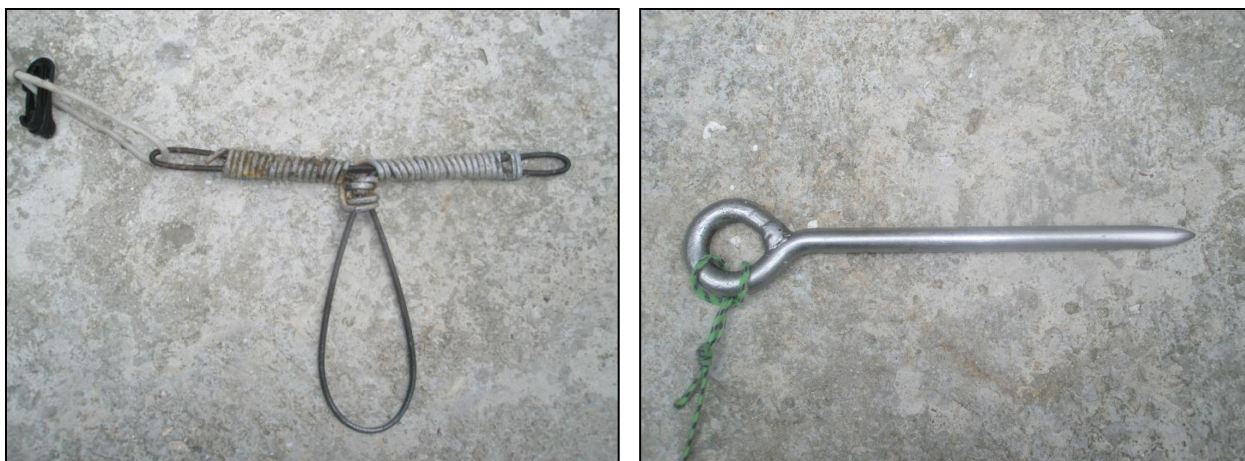
histoloških analiza obavljenih u Jadranu i Egejskom moru. Royo i Gómez Rambaldo (2002) spominju proljetni i jesenski mrijest španjolskih jedinki na ušću rijeke Piedras, dok su Tirado i sur. (2003) u južnom dijelu Španjolske (Málaga) utvrdili da se vrsta mrijesti tijekom cijele godine. Reproductivni ciklus brbavice *V. verrucosa* prema Tirado i sur. (2003) pokazuje kontinuiranu godišnju gametogenetsku aktivnost, bez prolaska kroz razdoblje mirovanja što može biti objašnjeno umjerenim temperaturama mora i visokim koncentracijama klorofila *a* u istraživanom području. Potencijal za umjetnu oplodnju i uzgoj brbavice *V. verrucosa* u Jadranu istražili su Rossi i sur. (1994), Turolla i Rossi (2004), Gavrilović i sur. (2009), Jug-Dujaković i sur. (2009) i Bolotin i sur. (2011). Iz gore navedenoga, proizlazi da čitav reproduktivni ciklus, što je i uobičajeno kod mnogih vrsta školjkaša, ovisi o uvjetima u okolišu uslijed čega jedinke koje žive u različitim staništima mogu sazrijevati i mrijestiti se u različitim vremenskim razdobljima.

2.5. Izlov školjkaša

Danas se duž istočne obale Jadrana za prikupljanje školjkaša i puževa koristi nekoliko tipova priručnih alata koji olakšavaju postupak prikupljanja. Rašljama (Slika 2.5.1.) se vade školjkaši koji su pričvršćeni ili se nalaze na morskom dnu. Za izlov školjkaša mogu poslužiti razni tipovi grablji i kliješta (Cetinić & Swinarski 1985). Ronioci koji rone s autonomnom ronilačkom opremom ili oni koji ovu aktivnost obavljaju ronjenjem na dah upotrebljavaju različite priručne alate koji im olakšavaju prikupljanje školjkaša. Slika 2.5.2. prikazuje priručne alate za prikupljanje brbavice *Venus verrucosa* iz prirodnog staništa.



Slika 2.5.1. Priručni alati za prikupljanje školjkaša i puževa. **A-B:** okomite rašlje; **C:** kopitar ili kopitnjak; **D:** grablje ili rankun (Izvor: Cetinić & Swinarski 1985).



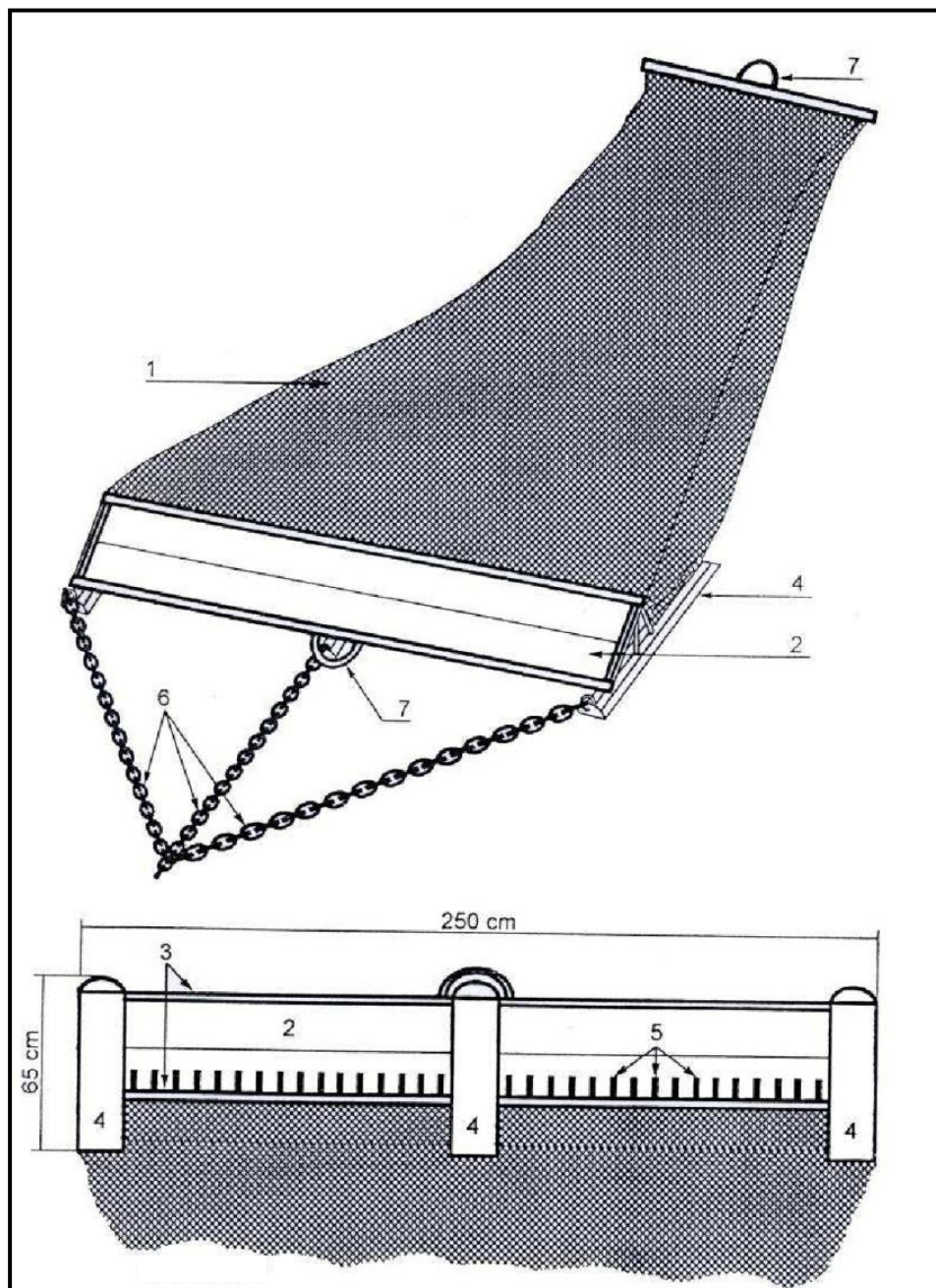
Slika 2.5.2. Razni priručni alati za prikupljanje brbavica *Venus verrucosa*.

Osim priručnim alatima školjkaši se prikupljaju i povlačnim ribolovnim alatima tj. dredžama koje uključuju alate koji su namijenjeni isključivo ulovu školjkaša: rampon (Slika 2.5.3.; 2.5.6.), kunjara (Slika 2.5.4.), hidraulična dredža – vongolara (Slika 2.5.5.; 2.5.6.)

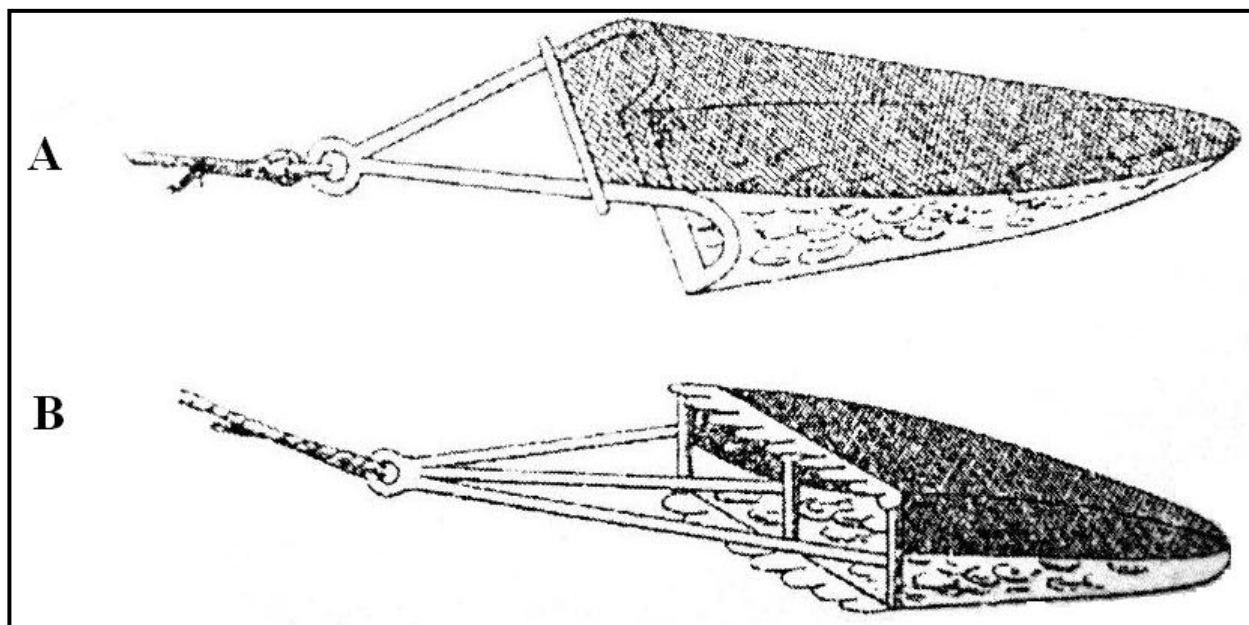
Rampon se sastoji od metalnog okvira s depresorom na koji je pričvršćena vreća od mrežnog tega. Prema Pravilniku o ribolovnim alatima i opremi za gospodarski ribolov na moru (NN 6/2006) najveća duljina donjeg, nazubljenog dijela metalnog okvira rampona ne smije biti veća od četiri metra, dok veličina oka mrežnog tega vreće rampona u ribolovnoj zoni A ne smije biti manja od 40 mm. Ribolov ramponom obavlja se povlačenjem jednog ili dva rampona po morskom dnu pri čemu se ruje po površinskom dijelu sedimenta pri čemu školjkaši odlaze u mrežni steg. U ribolovnom moru Republike Hrvatske na udaljenosti većoj od dvije nautičke milje od obale dozvoljeno je loviti ramponom jedino u ribolovnim zonama H, I te dijelu ribolovne zone A (NN 6/2006). Školjkaši koji se prikupljaju ramponom u najvećem broju su *Pecten jacobaeus*, *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758), *Flexopecten flexuosus* (Poli, 1795), *Aequipecten opercularis* (Linnaeus, 1758), *Arca noae* i *Ostrea edulis*.

Kunjara se sastoji od metalnog okvira ili drvene grede na koju je pričvršćena vreća. Pravilnikom o ribolovnim alatima i opremi za gospodarski ribolov na moru (NN 6/2006) propisano je da metalni okvir ili greda kunjkare sa strugačem smije biti dodatno opterećena utezima, a duljina okvira ne smije biti veća od 2,8 m. Veličina oka vreće kunjkare ne smije biti manja od 28 mm. Lov kunjkarom obavlja se njezinim povlačenjem po morskom dnu, pri čemu je zabranjeno povlačenje više od dvije kunjkare po plovilu. Kunjkara se koristi isključivo za lov školjkaša *Arca noae* tako što svojim strugačem struže po ravnom dnu pri čemu odvaja kunjke od podloge te one završavaju u mrežnom tegu.

Prema Pravilniku o obavljanju gospodarskog ribolova na moru (NN 6/2006) lov kunjkarom dozvoljen je samo u ribolovnim zonama A i F te u dijelu zone E i to u lovištu Novigradskog i Karinskog mora te je zabranjeno njegovo korištenje u priobalnom pojasu od jedne morske milje od obale kopna ili otoka.

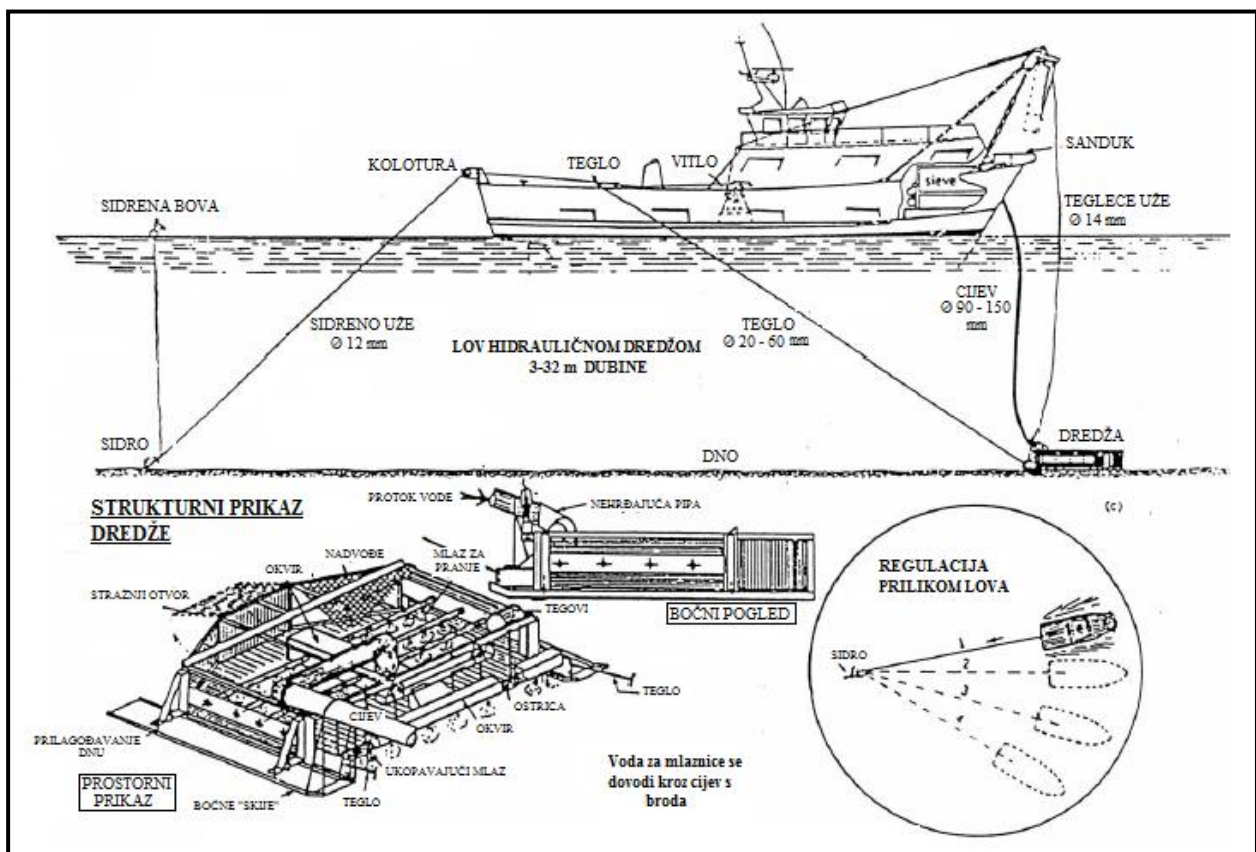


Slika 2.5.3. Shematski prikaz rampona. 1 – mreža; 2 – drveni depresor; 3 – metalni okvir; 4 –“skije”; 5 – “zubi”; 6 – lanci; 7 – ručka za podizanje i pražnjenje (Izvor: Cetinić & Soldo 1999).

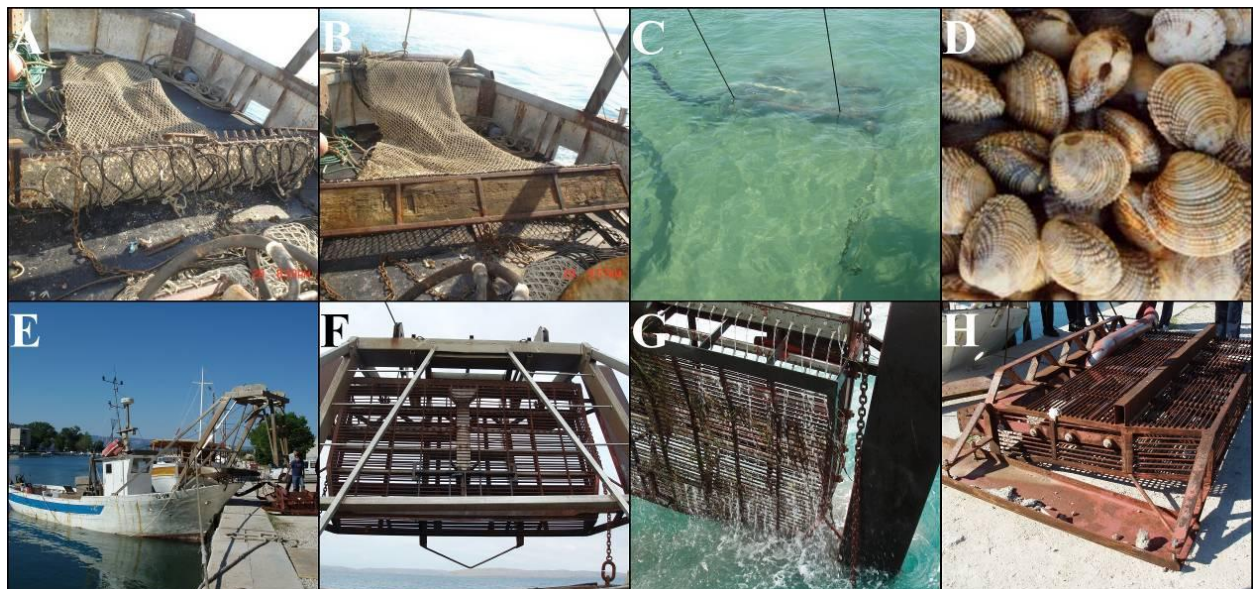


Slika 2.5.4. Shematski prikaz kunjkare. **A:** kunjkara s oštrim strugačem; **B:** kunjkara s nazupčanim strugačem (Izvor: Boko, 2005).

Hidraulična dredža – vongolara je namijenjena za lov školjkaša iz porodice ladinki (Veneridae) kao što su kućica *Venerupis decussata*, vongola ili kokoš *Chamelea gallina* i prnjavica ili brbavica *V. verrucosa* te rumenka *Callista chione*. Hidraulična dredža se u lovu povlači po pjeskovitom morskom dnu pomoću vitla, a za otkopavanje školjkaša iz sedimenta, za razliku od kunjkare i rampona, koristi vodu pod visokim tlakom pri čemu svi otkopani školjkaši završe u rešetci. Korištenje hidraulične dredže dopušteno je samo u ribolovnoj zoni A (NN 6/2006).



Slika 2.5.5. Shematski prikaz hidraulične dredže (Izvor: Tonković, 1998).



Slika 2.5.6. A-C: Rampon; D: ulov brbavice *Venus verrucosa*; E-H: Hidraulična dredža (Izvor fotografija: Roberto Šušelj).

2.5.1. Izlov i akvakultura brbavice *Venus verrucosa*

Brbavica *Venus verrucosa* je gospodarski važna vrsta zahvaljujući izvrsnoj kvaliteti mesa, koje se jede sirovo i kuhano (Milišić, 1991; Turolla i sur. 2002). U Hrvatskoj, gdje također predstavlja autohtonu vrstu, na tržnicama se prodaje za 70 – 80 kn/kg, ali se u restoranima taj iznos zna i utrostručiti. Zbog njene visoke prodajne cijene i na veleprodajnom tržištu, ova je gospodarski važna vrsta pod stalnim, rastućim ribarskim pritiskom. Brbavice se sakupljaju tijekom cijele godine uglavnom autonomnim ronjenjem duž hrvatske obalne linije, a na drugim dijelovima Jadrana i s povlačnim mrežama (Benović, 1997; Turolla i sur. 2002; Peharda i sur. 2010). Minimalna izlovna veličina gospodarski važnih vrsta roda *Venus* spp. iz prirodnih staništa na Hrvatskoj, istočnoj strani Jadranskog bazena, je 25 mm (NN 68/2010).

U 1970.-ima kada je još ciljano korištena hidraulična dredža za izlov brbavice *V. verrucosa*, godišnji ulovi od otprilike 4.500 t/godini su registrirani na obalama Normandije i Bretanje (Berthou i sur. 1980). Prema statistici FAO-a 1978. godine u Jadranskom moru je prikupljeno oko 1.000 t dok je s Jugoslavenske strane Jadrana prijavljeno samo 4 t ulova brbavice. Tijekom 1990.-ih ulov brbavice duž talijanske obale južnog Jadrana dostigao je oko 500 t/godini te je bio sličan ulovu ove vrste na području Grčke (Arneri i sur. 1998).

Prema službenim hrvatskim statistikama, izvedenima iz prijave ribara u njihovim očevidnicima, godišnji ulov brbavice *V. verrucosa* u razdoblju između 2001. i 2007. godine na istočnoj strani Jadrana je bio između 2,5 i 23,7 t (Vrgoč i sur. 2009). Međutim, pretpostavlja se da stvarni ulov može biti nekoliko puta viši od službenih podataka. Naime, procjenjuje se da u Kaštelanskom zaljevu ribari prikupljaju oko 1 t/dan ove vrste tijekom ljetnih mjeseci, što ukazuje na važnost brbavice *V. verrucosa* za lokalno gospodarstvo (Vrgoč i sur. 2009).

Uvođenje brbavice *V. verrucosa* u akvakulturnu proizvodnju može zadovoljiti tržišnu potražnju za ovom vrstom, a time i smanjiti pritisak na prirodne populacije. Brbavica *V. verrucosa* je već predmet komercijalne akvakulture u nekim dijelovima Mediterana. Prema statistici FAO-a (2011), globalna akvakulturna proizvodnja brbavice *V. verrucosa* je uspostavljena samo u Španjolskoj, gdje je započela 1980. godine, ali je bila nestabilna, u rasponu 0 – 10 t/godini maksimalno. Danas je proizvodnja relativno stabilna, u iznosu do 1 t/godini te donosi 15.000 US\$/godini, odnosno 15 US\$/kg.

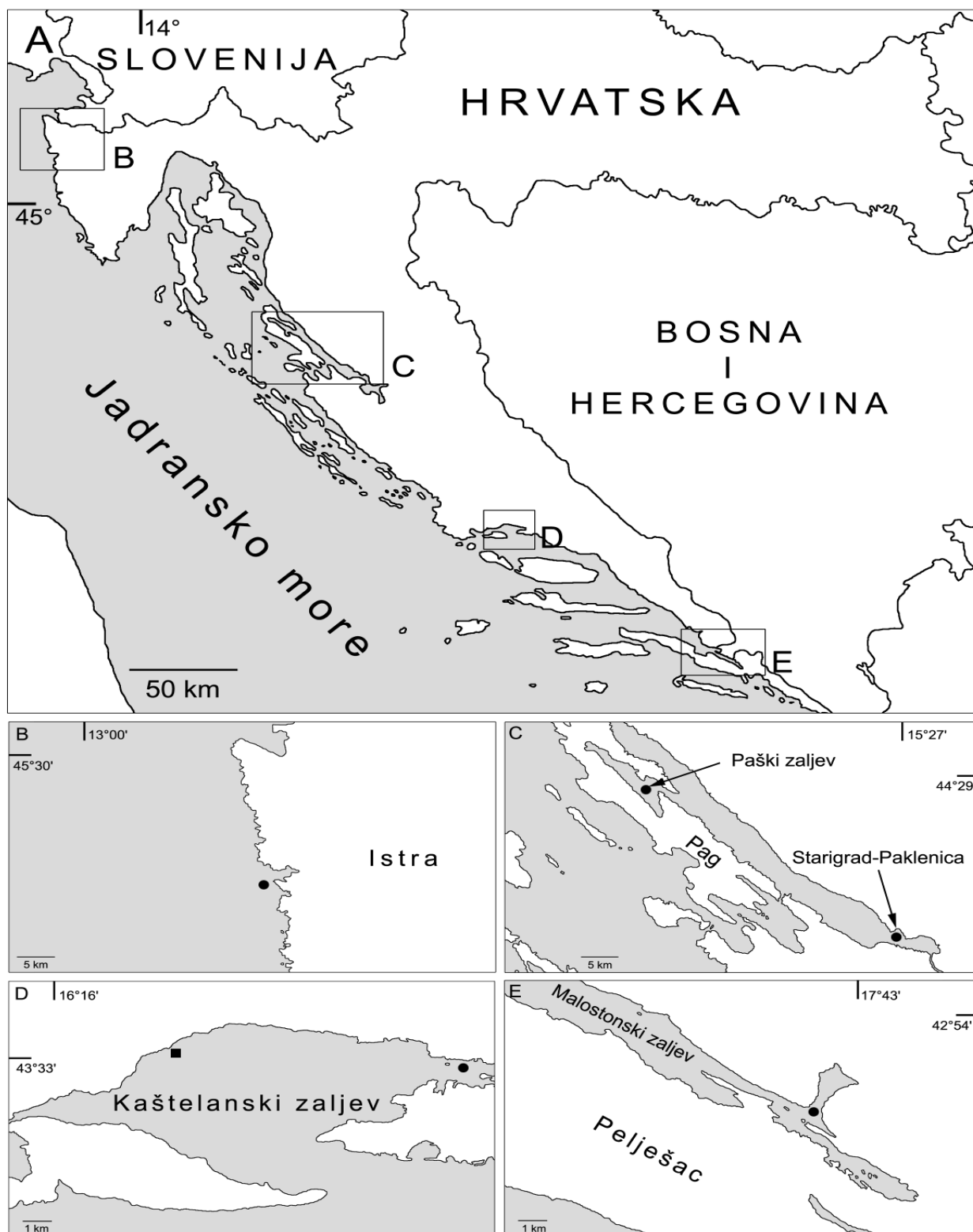
3. MATERIJALI I METODE

3.1. Područje i dinamika uzorkovanja školjkaša

Jadransko more je sastavni dio Sredozemnog mora. Dužina Jadranskog mora iznosi 870 km, širina 159,3 km, a površina s otocima 138.595 km² što čini oko 4,6% ukupne površine Sredozemnog mora (Jardas, 1996.). Jadran je pretežno plitko more. Srednja dubina iznosi 251 m, pri čemu kontinentska podina ili šelf zauzima čak 102,415 km² ili 73,9%, a prostire se preko sjevernog i srednjeg dijela Jadrana. Dubina se postupno povećava u smjeru od sjeverozapada prema jugoistoku, pa tako najveća izmjerena dubina u Tršćanskom zaljevu iznosi 25 m, dok veće dubine od 200 m nalazimo samo na području Jabučke (270 m) i Južnojadranske kotline (1.330 m) (Buljan & Zore-Armanda 1971.). Uzorci brbavica *Venus verrucosa* su prikupljeni s pet područja istočne, hrvatske strane Jadranskog mora (Slika 3.1.1.) uključujući zapadnu obalu Istre, Paški zaljev, Starigrad-Paklenicu, Kaštelanski zaljev i Malostonski zaljev.

3.1.1. Uzorkovanje školjkaša hidrauličnom dredžom vongolarom

Ovo istraživanje je provedeno u sklopu PHARE projekta „Assessment of demersal fish and shellfish stocks commercially exploited in Croatia“. Uzorci školjkaša *Venus verrucosa* za potrebe istraživanja sastava populacija prikupljeni su na području Paškog zaljeva, području ispred Starigrad-Paklenice te na području Kaštelanskog zaljeva uz pomoć hidraulične dredže „vongolare“ (Slika 3.1.1.). U Kaštelanskom zaljevu uzorkovanje je provedeno u svibnju 2008. godine, dok su na druga dva područja uzorci prikupljeni u listopadu 2008. godine. Horizontalni otvor dredže je bio 2,2 m, a duljina poteza je varirala 25 – 40 m. Dubina urona oštrice je bila 15 cm, udaljenost rešetke (paralelni razmak rešetki) 11 mm u Kaštelanskom zaljevu, a 20 mm u Paškom zaljevu i Starigrad-Paklenici, dok je prosječno vrijeme potega bilo oko 5 minuta. Nakon uzorkovanja prikupljeni školjkaši su očišćeni, zaleđeni i spremljeni za kasniju laboratorijsku analizu sastava populacija, starosti i rasta.



Slika 3.1.1. A: Karta Jadranskog mora s označenim područjima uzorkovanja brbavice *Venus verrucosa*; **B:** Istra; **C:** Paški zaljev i Starigrad-Paklenica; **D:** Kaštelanski zaljev; **E:** Malostonski zaljev (Crni kvadrat – područje uzorkovanja za analizu rubnog prirasta i reproduktivnog ciklusa; Crni krug – područje uzorkovanja za analiza rasta i starosti).

3.1.2. Uzorkovanja školjkaša metodom autonomnog ronjenja

Pored prikupljanja školjkaša upotrebom hidraulične dredže uzorci su prikupljeni i metodom autonomnog ronjenja. U studenom 2008. godine komercijalni ronci su nasumično prikupili jedinke brbavice *Venus verrucosa* na području Malostonskog zaljeva s ciljem ispitivanja sastava populacije. U ožujku 2009. godine uzorci brbavice *V. verrucosa* su također prikupljeni nasumično od strane komercijalnih ronca i to na području uz zapadnu obalu Istre. Kako bi se utvrdilo točno vrijeme formiranja prstena rasta, opisao reproduktivni ciklus i indeks kondicije, uzorci brbavice *V. verrucosa* su prikupljeni mjesečno metodom autonomnog ronjenja u Kaštelanskom zaljevu. Ovaj dio istraživanja je proveden u razdoblju od travnja 2009. do veljače 2010. godine, na dubini 2 – 10 m, lokacija Resnik (43° 32' S, 16° 18' E) u Kaštelanskom zaljevu.

Kaštelanski zaljev je najveći zaljev (14,8 km dug, ~ 6 km širok) u središnjem dijelu istočne obale Jadranskog mora. To je poluzatvoreni zaljev ovalnog oblika s prosječnim vremenom zadržavanja vodenih masa u trajanju jednog mjeseca. Ukupna površina zaljeva je 61 km² s prosječnom dubinom 23 m, što daje ukupni volumen 1,4 km³ (Odžak i sur. 2000). Ukupno je prikupljeno i analizirano 750 jedinki brbavice *V. verrucosa*, od kojih je 390 jedinki korišteno za histološku, a 360 jedinki za analizu indeksa kondicije (Tablica 3.1.1.). Za analizu rubnih prstenova rasta korišteno je ukupno 165 jedinki (12 – 20 ljuštura mjesečno) u rasponu 32,2 – 49,0 mm.

U Kaštelanskom zaljevu su također, jednom u tri mjeseca (4 puta godišnje), autonomnim ronjenjem prikupljeni i mjereni uzorci za analizu sastava populacije (N=200 – 300). Dužina prikupljenih jedinki mjerena je pomičnom mjerkom, točnošću od 0,1 mm.

Tablica 3.1.1. Dinamika uzorkovanja jedinki brbavica *Venus verrucosa* po ispitivanju, području i broju prikupljenih jedinki školjkaša. *Ostala područja: Istra, Paški zaljev, Starigrad-Paklenica, Kaštelanski zaljev, Malostonski zaljev – jedinke prikupljene u sklopu PHARE Projekta „Assessment of demersal fish and shellfish stocks commercially exploited in Croatia“

Ispitivanje	N	Područje	Dinamika uzorkovanja	Ukupno
Histologija	30	Resnik, Kaštelanski zaljev	Mjesečno	360
Indeks kondicije	30	Resnik, Kaštelanski zaljev	Mjesečno	360
Prva spolna zrelost	30	Resnik, Kaštelanski zaljev	Jednokratno	30
Dužinske frekvencije	200 – 300	Resnik, Kaštelanski zaljev	Tromjesečno	1106
Unutarnji prstenovi rasta	467	Ostala područja*	Jednokratno	467
Analiza rubnog prirasta	12-20	Resnik, Kaštelanski zaljev	Mjesečno	165

- Ukupno je prikupljeno i analizirano 2488 jedinki brbavica *Venus verrucosa*.

3.2. Osnovni hidrografski parametri

S ciljem procjene i određivanja osnovnih hidrografskih parametara koji utječu na rast i razmnožavanje brbavice, temperatura (°C) i salinitet su mjereni jednom mjesečno uz površinu (0,1 m) te uz dno (2,5 m) uz pomoć YSI hidrografske sonde (Slika 3.2.1.) na postaji Resnik.



Slika 3.2.1. Sonda korištena za prikupljanje vrijednosti temperature i saliniteta (YSI professional series).

3.3. Analiza starosti i rasta

Smrznuti uzorci školjkaša prikupljeni na pet postaja duž istočne obale Jadrana, odmrznuti su u laboratoriju, a meso je pažljivo očišćeno od ljuštore. Duljina ljuštore (anteriorno-posteriorna os) i visina (dorzo-ventralna os) svake jedinke izmjerena je pomičnom mjerkom točnošću od 0,1 mm.

Desna ljuštura svake jedinke pažljivo je odrezana duž linije maksimalnog rasta, od umba do stražnjeg ruba, pomoću Struers Labotom 3 pile (Slika 3.3.1.). Zatim je jedna strana prereza pažljivo izbrušena brusnim papirom gradacije 80 i 220 kako bi prstenovi rasta bili jasnije vidljivi. Radijalni prerez ljuštura je zatim analiziran ispod Zeiss Stemi DV4 lupe.

Točna interpretacija starosti i rasta školjkaša zahtjeva vrednovanje formiranja prstenova rasta. U ovom istraživanju je primijenjena metoda analize rubnog prirasta koja uključuje analizu manjih jedinki s višom stopom rasta tijekom razdoblja od godine dana. Ukupno je pregledano 165 ljuštura manjih jedinki školjkaša *Venus verrucosa* prikupljenih mjesečno na postaji

Kaštelanski zaljev – Resnik, od ožujka 2009. do veljače 2010. godine. Udaljenost od zadnjeg tamnog prstena do ruba ljuštore je izmjerena preciznošću od 0,1 mm.

Starost i rast svake jedinki prikupljene na pet područja uzorkovanja procijenjeni su na temelju broja jasno vidljivih tamnih prstenova u radijalnim prerezima ljuštura te udaljenosti između prstenova. Udaljenost između umba i svakog tamnog prstena rasta izmjerena je pomičnom mjerkom s preciznošću od 0,1 mm.

Iz dobivenih podataka starosti pri određenoj duljini izrađena je von Bertalanffy krivulja rasta:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \text{ (Sparre \& Venema 1998)}$$

U krivulji rasta je L_t duljina školjkaša pri vremenu t , L_{∞} je asimptotska maksimalna duljina organizma tj. ona dužina kod koje prestaje rast (prosječna dužina najstarijih jedinki), e je baza prirodnog logaritma, k je konstanta rasta, a t_0 se naziva „inicijalni kondicijski parametar“ i predstavlja hipotetsko vrijeme u kojem je dužina organizma nula. Izračun je proveden pomoću FiSAT-ovog statističkog paketa (Food and Agriculture Organisation – The International Center for Living Aquatic Resources Management (FAO-ICLARM)).

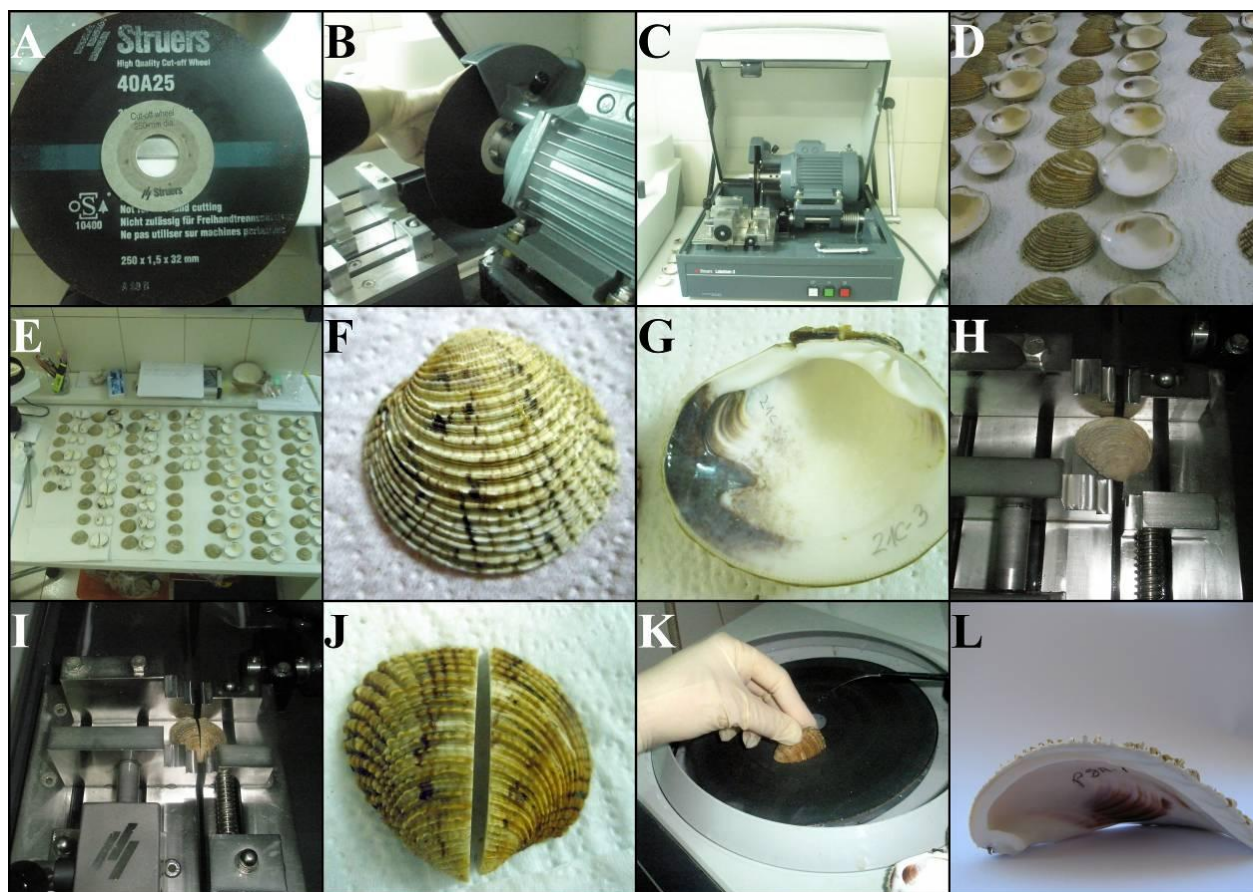
Prikupljeni podatci su korišteni i za konstrukciju Gulland-Holt grafa, gdje su stope rasta nanese na y-os, a srednja dužina ljuštore na x-os (Gulland & Holt 1959). Parametri rasta i starosti procijenjeni su iz brojčane vrijednosti nagiba pravca (k) i presjeka kroz x-os (asimptotska visina H_{∞}). Asimptotska duljina (L_{∞}) je procijenjena na temelju izračunatog odnosa duljine i visine na jedinkama korištenima u analizi:

$$L_{\infty} = 1,38 + 1,06 H_{\infty} \text{ (N=467; } r^2=0,95)$$

Iz dobivenih je podataka izrađena von Bertalanffy krivulja relativne starosti s obzirom na to da se primjenom Gulland-Holt metode ne može procijeniti inicijalni kondicijski parametar t_0 .

Zbog velikog broja malih individua u uzorku iz Kaštelanskog zaljeva, vrijednost L_{∞} postavljena je na veličinu najveće jedinke. Index rasta ϕ' izračunat je s ciljem usporedbe parametara rasta na različitim područjima:

$$\phi' = \log k + 2 \log L_{\infty} \text{ (Sparre \& Venema 1998)}$$



Slika 3.3.1. Priprema uzoraka za analizu rasta i starosti brbavice *Venus verrucosa* **A-C:** Struers Labotom 3 pila za rezanje ljuštura školjakaša po najdužoj osi rasta, od umba do stražnjeg ruba ljuštura; **D-E:** uzorci brbavice *V. verrucosa* izmjereni, poslagani, označeni te desna strana ljuštura spremna za rezanje; **F:** površina ljuštura brbavice *V. verrucosa* s vanjske izbrazdane strane; **G:** ljuštura brbavice *V. verrucosa* označena na lijevom i desnom rubu desne strane ljuštura, spremna za rezanje; **H:** ljuštura brbavice *V. verrucosa* učvršćena u Struers Labotom 3 pilu; **H-J:** linija prereza ljuštura brbavice *V. verrucosa* prerezana od umba do ventralnog ruba ljuštura, po najduljoj liniji rasta **K:** poliranje linije prereza desne strane ljuštura brbavice *V. verrucosa* na različitim gradacijama brusnog papira (80, 220); **L:** linija prereza s jasno vidljivim unutrašnjim prstenovima rasta.

3.4. Histološka analiza uzoraka

Uzorci za histološku analizu gonada prikupljeni su jednom mjesečno (N=30) metodom autonomnog ronjenja na lokaciji Kaštelanski zaljev – Resnik te su mjereni pomičnom mjerkom

točnošću od 0,1 mm (srednja duljina $\pm$ standardna devijacija = $41,8 \pm 3,7$ mm). Dužinska raspodjela u odnosu na spol testirana je korištenjem neparametarskog Mann-Whitney U testa s obzirom na to da prema rezultatima Levenovog testa varijance nisu bile homogene. Chi-square test korišten je prilikom analize odnosa spolova.

Dodatni uzorci (N=30) s manjim jedinkama, u rasponu 16,8 – 29,5 mm dužine, su se prikupili u periodu maksimalne reproduktivne aktivnosti, tijekom lipnja 2009. godine te su histološki proučeni (Tablica 3.4.1.) s ciljem procjene minimalne veličine pri kojoj jedinke brbavice *Venus verrucosa* dostižu prvu spolnu zrelost.

Prikupljeni podatci uvršteni su u jednadžbu:

$$P = 1/(1 + e^{(a-b*L)})$$

Gdje je P vjerojatnost da su jedinke spolno zrele, a L je duljina školjkaša. Procijenjena duljina gdje je 50% analiziranih jedinki zrelo izračunato je kao:

$$L_{50\%} = a/b \text{ (Sparre \& Venema 1998)}$$

Prilikom pripreme školjkaša za histološko istraživanje korištena je parafinska tehnika koja se izvodi u nekoliko koraka navedenih u Tablici 3.4.1.

Tablica 3.4.1. Tijek pripreme školjkaša za histološku analizu.

Priprema školjkaša za histološku analizu:
a) Uzimanje tkiva
b) Priprema fiksativa
c) Fiksacija
d) Dehidracija i infiltracija tkiva
e) Prožimanje parafinom
f) Uklapanje
g) Rezanje
h) Bojanje

Uzorak tkiva uzet je iz školjkaša nakon što su izvađeni iz mora i preneseni u laboratorij. Skalpelom je prerezan mišić zatvarač te je izrezan uzorak gonada veličine oko 0.5 x 0.5 x 0.5 cm i stavljen u kivetu s Davidsonovim fiksativom (Tablica 3.4.2.; Slika 3.4.1.). Kada zbog male veličine školjkaša nije bilo moguće uzeti tkivo gonada, daljnja je obrada nastavljena s cijelim jedinkama. Kod brbavice *V. verrucosa* tkivo gonada se nalazi u području oko probavne žlijezde. Spol jedinki nije bilo moguće odrediti makroskopski prema obojenju gonada, kao kod nekih vrsta školjkaša, jer su gonade kod oba spola ove vrste bijele boje.

Tablica 3.4.2. Priprema Davidsonove otopine.

Davidsonova otopina:	
<u>Matična otopina:</u>	
Filtrirana morska voda	1200 ml
Etanol 95%	1200 ml
Formaldehid 36 – 40%	800 ml
Glicerin	400 ml
<u>Radna otopina:</u>	
Matična otopina	9 dijelova
Ledena octena kiselina	1 dio (dodati neposredno prije upotrebe)

Svrha fiksacije tkiva je sprečavanje aktivacije enzima koji bi nakon smrti životinje uzrokovali propadanje stanica procesom *autolize* (Kozarić, 1997). Fiksacija tkiva čuva stanične elemente za ispitivanje mikroskopom. Mogu se koristiti različiti fiksativi i svaki od njih ima svojstva očuvanja dijelova stanice.

Uzorak tkiva školjkaša, koji nije deblji od 5 mm, stavlja se u kivetu. Kiveta mora biti označena oznakom uzorka i brojem jedinke. Tkivo treba pažljivo smjestiti u kazetu tako da svaki organ bude vidljiv. Ako je potrebno mogu se i drugi dijelovi tkiva staviti u kazetu. Postupak se obavlja u digestoru, a uključuje sljedeće korake:

1. Postavljanje uzorka tkiva u kivetu.
2. Uranjanje tkiva u fiksativ (oko 10 volumena fiksativa za 1 volumen tkiva).
3. Fiksacija u trajanju od najmanje 24 sata.

Jednom kada se uzorci fiksiraju, moraju se dehidrirati i infiltrirati parafinom. Ovi se postupci mogu provesti ručno ili automatski u histokinetu. Dehidracija se obavlja kako bi se iz

tkiva izvukla voda i tako omogućilo bolje prožimanje tkiva parafinom. U tu svrhu tkivo se provodi kroz seriju alkohola rastućih koncentracija te sredstvu za bistrenje tkiva (kloroform).

Tablica 3.4.3. Proces dehidracije tkiva.

Proces dehidracije:
1. 70% alkohol – 24 h
1. 80% alkohol – 24 h
2. 95% alkohol – 24 h
3. 100% alkohol – 12 h
4. kloroform – 12 h

Prije prožimanja parafinom uzorci se raspodijele po 'kazeticama' na koje je prethodno napisana oznaka školjkaša. Prožimanje je proces u kojem u dehidriranom tkivu zamjenjujemo kloroform parafinom kako bi tkivo imalo potrebnu čvrstoću prilikom rezanja. Da bi proces tekao postupno, tkivo se ostavlja u četiri parafinske 'kupke', od kojih je samo prva mješavina parafina i kloroforma (1:1). U svakoj od njih uzorci ostaju 60 min. Bitno je naglasiti da se cjelokupni postupak odvija u parafinskoj peći pri temperaturi od 61°C na kojoj je parafin u tekućem stanju. U cijelom postupku treba paziti da se uzorci što brže prebacuju iz jedne kupke u drugu kako bi se smanjile temperaturne oscilacije. To je posebno važno jer povećanje temperature može dovesti do oštećenja tkiva, a smanjenje do neprožimanja tkiva parafinom (Kozarić, 1997).

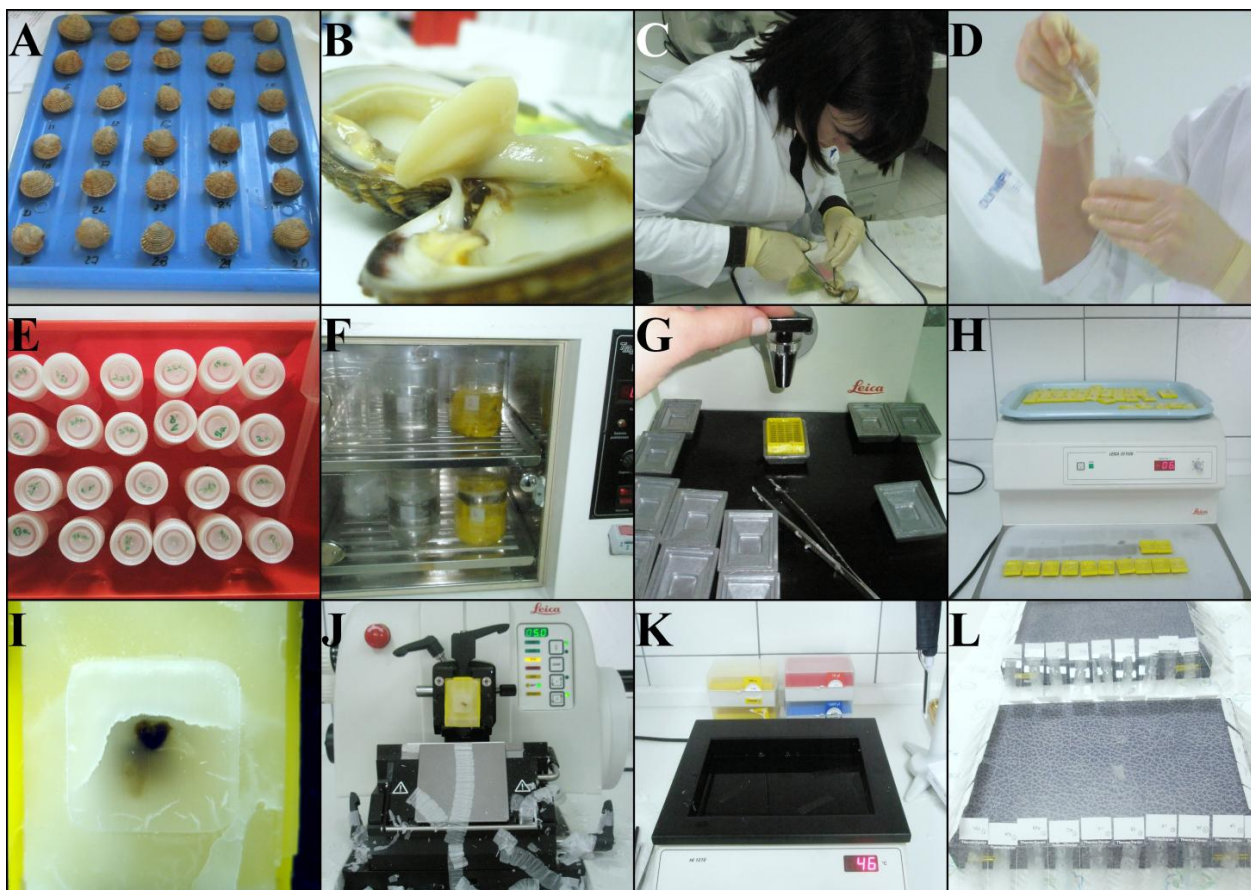
Sljedeći korak je vađenje uzoraka iz parafinske kupke i uklapanje u parafinske blokove (Histowax parafin, Leica). Uklapanje je proces smještanja tkiva u blok parafina kako bi se trajno očuvalo tkivo i omogućilo rezanje tkiva na uređaju za rezanje tkiva (mikrotomu). Centar za uklapanje sastoji se od parafinske kupke i jedinice za hlađenje. Kazete s tkivom se odmaknu iz histokineta i stave se u zagrijanu parafinsku kupku. Zatim se uzme jedna kazeta, smjesti se na zagrijanu površinu i otvori. U model se stavi malo parafina (1/4 maksimuma). Tkivo se iz kazete uzme zagrijanom pincetom i smjesti ga se u model tako da se izbjegne stvaranje mjehurića. Zatim se na tkivo stavi kazeta, a model se ispuni zagrijanim parafinom. Model i kazeta se stave na jedinicu za hlađenje. Kada je parafinski blok ohlađen, potrebno ga je izvaditi iz modela i pripremiti za rezanje.

Svrha je rezanja dobivanje tankih prereza kroz tkivo gonada kako bi se struktura tkiva mogla proučavati svjetlosnim mikroskopom. Kakvoća histoloških preparata ovisi o uvježbanosti

izvoditelja i pravilnoj pripremi materijala (tj. dobro fiksirano i očuvano, kao i dobro dehidrirano i uklopljeno tkivo). Prije rezanja potrebno je parafinske blokove ugrubo obrezati na sobnoj temperaturi kako bi se odstranio višak parafina. Radi lakšeg rezanja preporuča se hlađenje parafinskih blokova na 4 – 5°C (pohrane se u hladnjaku preko noći) prije rezanja.

Postupak rezanja tkiva uključuje sljedeće korake:

1. Obrezivanje parafinskih blokova.
2. Hlađenje parafinskih blokova u hladnjaku ili na hladnoj ploči.
3. Trimanje bloka dok se ne dođe do rezne plohe tkiva.
4. Podešavanje mikrotoma na odgovarajuću debljinu reza (5 µm).
5. Rezanje parafinskog prereza tkiva mikrotomom.
6. Postavljanje tkivnog prereza u vodenu kupelj (oko 45°C).
7. Uranjanje označene predmetnice (Thermo Shandon superfrost Plus) ispod prereza tkiva i podizanje tkivnog prereza predmetnicom iz vode.
8. Orijentiranje prereza tkiva na predmetnici pomoću igle ili kista te postavljanje predmetnice u okomit položaj kako bi se ocijedila voda.
9. Smjestiti predmetnicu vertikalno u stalak da se ocijedi suvišak vode.
10. Sušenje predmetnice u termostatu (oko 42°C) ili na sobnoj temperaturi.

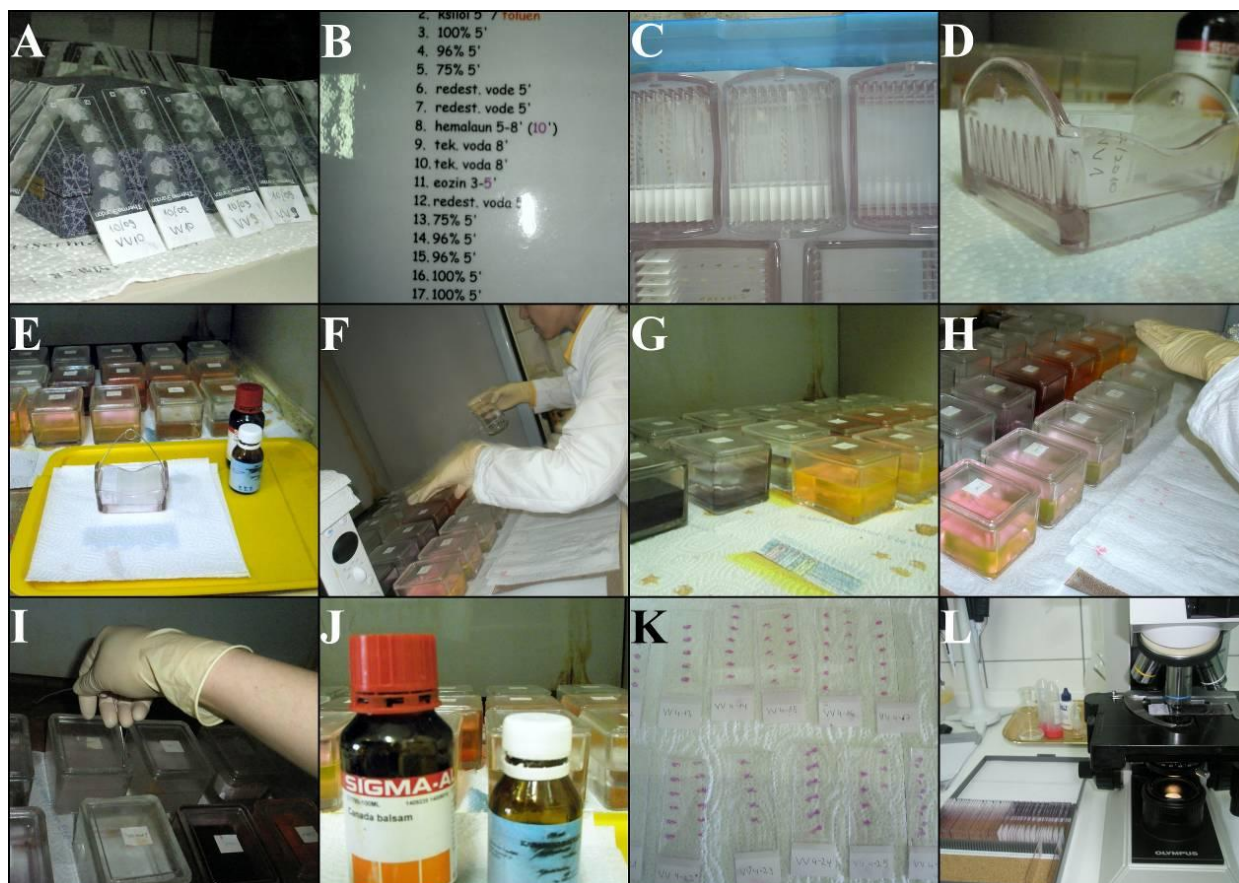


Slika 3.4.1. Priprema uzoraka školjakaša *Venus verrucosa* za histološku pretragu **A:** priprema i numeriranje uzoraka školjakaša; **B:** otvaranje školjakaša i lociranje gonada za uzorkovanje; **C:** uzimanje odrezaka tkiva s gonadama za histološke pretrage; **D:** fiksacija tkiva u Davdsonovoj otopini; **E:** dehidracija i infiltracija tkiva u nizu alkohola rastućih koncentracija i kloroformu; **F:** prožimanje tkiva parafinom u četiri parafinske kupke u peći; **G:** uklapanje uzoraka u parafin u jedinici za uklapanje; **H:** hlađenje uzoraka na jedinici za hlađenje; **I:** uzorak uklopljen u parafin spreman za rezanje; **J:** rezanje uzoraka na mikrotomu; **K:** vodena kupelj za odrezane trake uzorka; **L:** sušenje uzoraka.

Iako se tanki prerezi na predmetnici pod mikroskopom već mogu pogledati, tkivo se boja kako bi dobili što bolji kontrast i jasniju vidljivost pojedinih struktura (Slika 3.4.2.). Za potrebe ovog istraživanja korišteno je bojanje hematoksilin-eozinom (HE). Hematoksilin kisele komponente stanice boji plavoljubičasto, dok eozin, kao kisela boja, boji bazične dijelove stanice (Kozarić, 1997).

Pri HE bojanju svaki uzorak provede određeno vrijeme u redosljedom predviđenoj kemikaliji. Postupak se započinje rehidracijom kako bi se uzorci mogli obojiti. U svrhu

izvlačenja parafina iz rezova, koji inače onemogućava bojanje, koristimo dvije toluenske kupke (ksilol) (prva 10 min., druga 5 min.), pa petominutne nizove etanola za rehidraciju rezova padajućih koncentracija (100%, 96%, 75%). Uzorci se zatim ispiru dva puta po 5 min. u redestiliranoj vodi. Tkivo se najprije boja hematoksilinom (5 – 8 min.). Višak se boje odstranjuje tekućom vodom (2 puta po 8 min.). Druga komponenta bojanja je eozin (3 – 5 min.), a njegov se višak ispire redestiliranom vodom 5 min.. Zatim slijedi dehidracija nizom petominutnih rastućih koncentracija alkohola (75%, 96%, 96%, 100%). Na kraju slijede dvije toluenske (ksilolne) kupke, po 5 min. u svrhu bistrenja rezova. Na svježe obojane uzorke stavlja se sredstvo za utrajnjivanje tkiva (Canada balzam, Merck) i pokrovnica. Preparat se potom suši na zraku 24 sata. Ovim postupkom dobiveni su trajni preparati.



Slika 3.4.2. Bojanje preparata hematoksilin-eozin (HE) metodom **A**: sušenje neobojanih uzoraka tkiva na predmetnici; **B**: protokol s nizom otopina i potrebnim vremenom za bojanje uzoraka; **C-D**: priprema uzoraka s tkivima za bojanje u kadicama; **E-I**: proces bojenja uzoraka tkiva brbavice *Venus verrucosa* u digestoru; **J**: Canada balzam za lijepljenje pokrovnica; **K**: obojeni uzorci tkiva; **L**: mikroskopiranje predmetnica s obojenim uzorcima tkiva.

Pripremljeni histoloških preparati analizirani su korištenjem ustaljenih kvalitativnih i kvantitativnih metoda (npr. Peharda i sur. 2006; Mladineo i sur. 2007). Svaki je preparat pregledan pojedinačno na mikroskopu pri povećanju od 100x i 400x. Određen je spol i razvojni stadij uzorka školjkaša prema Walker & Power (2004) i Mladineo i sur. (2007): neaktivni (0), rano sazrijevanje (3), kasno sazrijevanje (4), zreli (5), djelomično izmriješteni (2) i izmriješteni (1) (Tablica 3.4.4.).

Kvantitativna je metoda uključivala mjerenje broja i opsega oocita svih ženskih jedinki brbavice *V. verrucosa* s vidljivom jezgrom unutar vidnog polja pri povećanju od 100x (~ 1,22 mm²) korištenjem Olympus C4040® fotoaparata i Olympus DP-Soft 3.1® programa na računalu. Srednji broj izmjerenih oocita po ženki je bio 132 ± 80 .

Izračunat je srednji gonadni indeks (SGI) za brbavicu *V. verrucosa* kako bi se procijenio omjer razvitka, sazrijevanja, zrelosti i mrijesta uzoraka. Vrijednosti su dobivene zbrajanjem numeričkog broja pridruženog određenom stadiju razvoja za sve jedinke, te dijeljenjem istog s brojem primjeraka u uzorku za svaki spol (Gosling, 2003). Za analizu odnosa između srednjeg gonadnog indeksa mužjaka i ženki i parametara okoliša primijenjena je Pearsonova korelacija.

Tablica 3.4.4. Opis značajki šest gonadnih stadija brbavice *Venus verrucosa* s obzirom na spol jedinki (prilagođeno prema Walker & Power 2004).

	Ženke	Mužjaci
Neaktivni (0)	Prazno vezivno tkivo. Stjenke folikula prazne i urušene. Malo nediferenciranih zametnih stanica. Fagociti prisutni. Teško je odrediti spol jedinke.	Prazno tamno ljubičasto vezivno tkivo. Stjenke folikula prazne i urušene. Nekoliko nediferenciranih zametnih stanica. Fagociti prisutni. Teško je odrediti spol jedinke.
Rano sazrijevanje (3)	Raspršeni široki režnjevi s jednoslojnim malim oogonijima u razvoju. Male oogonije i zametne stanice pričvršćene za stjenku. Prazno vezivno tkivo.	Gusto vezivno tkivo s malim 'otočićima' režnjeva. Režnjevi puni tamnih i velikih zametnih stanica i prvih spermatogonija.
Kasno sazrijevanje (4)	Produljeni ili ovalni folikuli. Mali broj oogonija uz zid folikula, između velikih previtelogenih i nekolicina vitelogenih oocita.	Veći režnjevi puni su spermatogonija na periferiji i spermatocita u sredini. Prvi spermatozoidi tvore ružičasti lumen svojim repićima.
Zreo (5)	Rastegnuto intersticijsko vezivno tkivo s jednoličnim stanicama te nekoliko fagocita. Folikuli su većinom zaobljeni, dok su oni veći puni pričvršćenih i slobodnih uglavnom vitelogenih oocita.	Svijetlo-ružičasto intersticijsko vezivno tkivo rastegnuto između eliptičnih režnja, ispunjenih bazalno vezanih spermatogonija i spermatocita. Lumen režnjeva ispunjen malim spermatozoidima s prepoznatljivim ružičastim repićima u središtu režnjeva.
Djelomično izmriještani (2)	Samo nekoliko slojeva intersticijskog vezivnog tkiva. Većina oocita u postvitelogenoj fazi slobodna u lumenu folikula, s velikim svijetlim jezgrama i malim bazofilnim jezgicama.	Rahlo i prazno vezivno tkivo okružuje djelomično ispražnjene režnjeve, većinom pune zrelih spermatozoida.
Izmriještani (1)	Rahlo i posve prazno vezivno tkivo oko praznih folikula. Prisutno samo nekoliko degeneriranih oocita. Stjenke folikula razgrađene fagocitozom.	Urušeni i prazni režnjevi duž kompaktnijeg vezivnog tkiva. Ostaci bazalno lociranih spermatozoida i fagocita.

3.5. Analiza indeksa kondicije

Za analizu indeksa kondicije, svaki je mjesec prikupljeno po 30 jedinki (N=360), srednje duljine $\pm$ standardna devijacija $=40,8 \pm 2,2$ mm, s postaje Resnik nakon čega je uzorak bio zamrznut i pohranjen za daljnju laboratorijsku analizu. Prije početka analiza uzorci su odležani te su s njihove površine pažljivo uklonjeni svi epibiontski organizmi i izmjerena je dužina uz pomoć pomične mjerke preciznosti 0,1 mm. Nadalje, grupe od 15 jedinki su se kuhale 2 minute u kipućoj vodi, te se nakon kuhanja tkivo pažljivo odvojilo od ljuštore i ostavilo sušiti na zraku oko 60 min. Ljuštura i tkivo su potom izvagani na vagi preciznosti od 0,01 g. Indeks kondicije je determiniran kao odnos između težine kuhanog mesa i sume težine kuhanog mesa i težine ljuštura prema Davenport & Chen (1987):

$$\text{I.K.} = (\text{masa prokuhanog mesa} / \text{masa prokuhanog mesa} + \text{masa ljuštore}) \times 100$$

Za analizu odnosa indeksa kondicije, srednjeg gonadnog indeksa mužjaka i ženki i parametara okoliša primijenjena je Pearsonova korelacija.

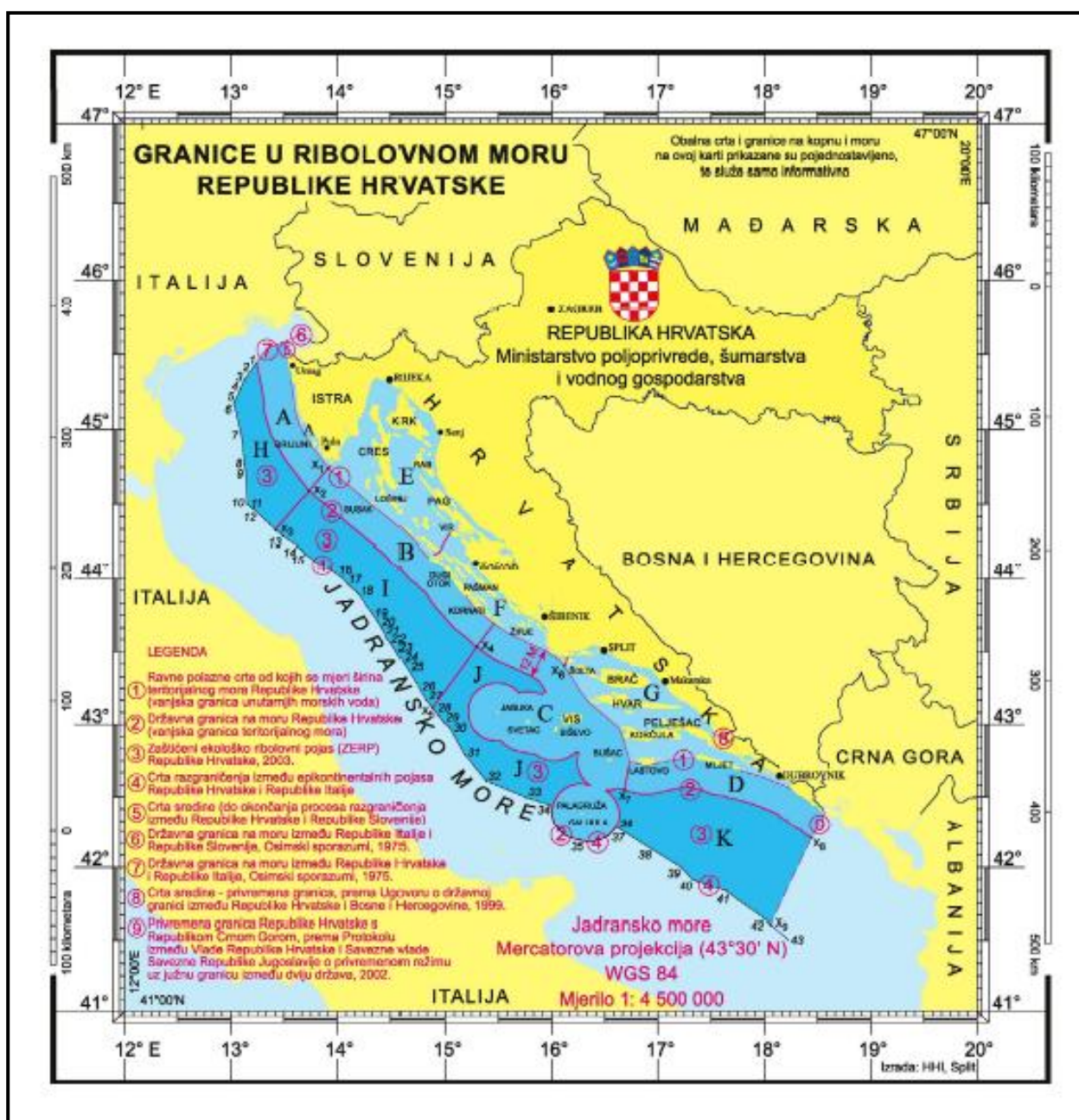
3.6. Analiza izlova

U sklopu ove doktorske disertacije zatraženi su i prikupljeni podatci od Uprave ribarstva, Ministarstva poljoprivrede o ulovu brbavice *Venus verrucosa* i ostalih vrsta školjkaša u odnosu na brbavicu. Podatci dostavljeni od strane Uprave za ribarstvo prikupljeni su pomoću očevidnika o ulovu u gospodarskom ribolovu na moru i izvješća o ulovu (Slika 3.6.1) u razdoblju od 2007. do 2011. godine. Obuhvaćali su vrijednosti za količinu ulova po područnim jedinicama (Pula, Rijeka, Zadar, Šibenik, Split, Dubrovnik), po ribolovnim zonama koje vidimo na slici 3.6.2. (A, B, C, D, E, F, G, H) i po svojnama školjkaša uključujući dagnju (*Mytilus galloprovincialis*), jakovljevu kapicu (*Pecten jacobaeus*), kamenicu (*Ostrea edulis*), kokoš (*Chamelea gallina*), kućice (*Venerupis sp.*), kunjku (*Arca noae*), kapice (*Pectinidae sp.*) rumenku (*Callista chione*), malu kapicu (*Mimachlamys varia* (Linnaeus, 1758)), te glatku jakovljevu kapicu (*Flexopecten glaber*). Sve analize u ovom istraživanju su rađene u Microsoft Office Excel 2010 programu. Iz dobivenih vrijednosti analizirana je količina ulova brbavice *V. verrucosa* po područnim jedinicama, količina ulova u određenim ribolovnim zonama, usporedba količine ulova brbavice

V. verrucosa i ostalih gospodarski važnih vrsta te je napravljena usporedba ukupne vrijednosti ulova gospodarski važnih vrsta školjkaša od 2008. do 2011. godine s rezultatima PHARE istraživanja koji su prikupljeni za razdoblje od 2001. do 2008. godine. Za potrebe PHARE programa, podatci o komercijalnom ulovu školjkaša u hrvatskom dijelu Jadranskog mora također su bili prikupljeni preko očevidnika. Očevidnici sadrže podatke o osobnoj identifikaciji vlasnika licence, vrsti i količini školjkaša koji se prikupljaju. Podaci se pohranjuju u Upravi za ribarstvo, Ministarstva poljoprivrede. U sklopu PHARE programa bili su prikupljeni sirovi podatci koji su se analizirali prema izlovljenim vrstama uključujući brbavicu *V. verrucosa* i područnim jedinicama gdje su dostavljeni.

[illegible]

41



Slika 3.6.2. Podjela ribolovnog mora Republike Hrvatske (NN 5/2011).

4. REZULTATI

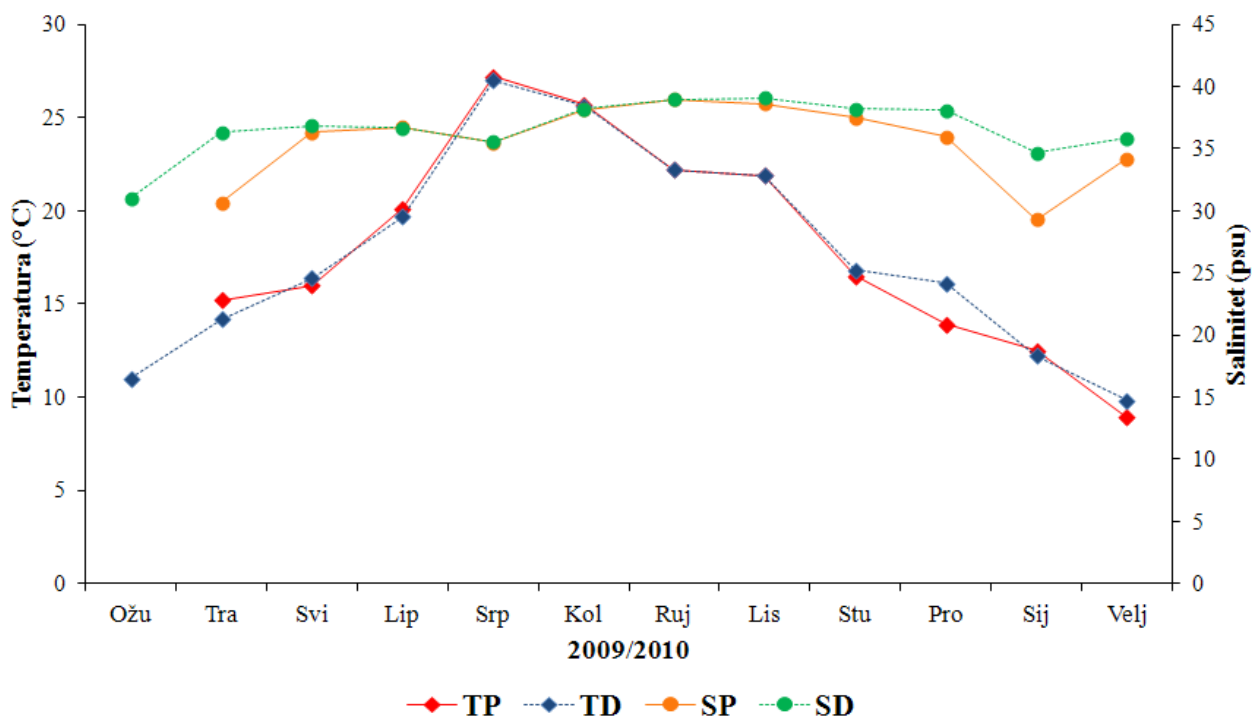
4.1. Osnovni hidrografski parametri

Vrijednosti temperature i saliniteta morske vode pratile su se na postaji Resnik, Kaštelanski zaljev (Tablica 4.1.1.). Analiza okolišnih parametara u istraživanju pokazala je da su zabilježene vrijednosti površinskih temperature bile u rasponu od 8,9°C u veljači 2010. godine do 27,2°C u srpnju 2009. godine (Slika 4.1.1.). Prosječna površinska temperatura iznosila je 18,9°C (SD=5,7°C). Porast temperature iznad 20°C pojavio se početkom mjeseca lipnja, a temperatura nije padala ispod te vrijednosti do početka mjeseca listopada 2009. godine. Dok je za površinsku temperaturu raspon vrijednosti iznosio čak 18,3°C, zabilježene temperature u pridnenom sloju imale su nešto manji raspon vrijednosti i on je iznosio 17,2°C. Najniža pridnena temperatura bila je 9,8°C u veljači 2010. godine, a najviša 27,0°C u srpnju 2009. godine. U proljeće, zbog stratifikacije vodenog stupca, pridnena temperatura je bila nekoliko stupnjeva niža od površinske. Prema kraju ljeta pojavila se izotermija, a tijekom jeseni i zime pridnene temperature su više od onih na površini vodenog stupca.

Tablica 4.1.1. Hidrografski parametri izmjereni na postaji Resnik, Kaštelanski zaljev, u 2009. i 2010. godini.

Godina	Mjesec	Temperatura površine (°C)	Temperatura dna (°C)	Salinitet površine	Salinitet dna
2009.	Ožujak	-	11,0	-	31,00
	Travanj	15,2	14,2	30,67	36,30
	Svibanj	16,0	16,4	36,29	36,81
	Lipanj	20,1	19,7	36,69	36,66
	Srpanj	27,2	27,0	35,48	35,53
	Kolovoz	25,7	25,6	38,13	38,22
	Rujan	22,2	22,2	38,94	38,94
	Listopad	21,9	21,9	38,61	39,06
	Studen	16,5	16,8	37,50	38,20
	Prosinac	13,9	16,1	35,95	38,09
	Siječanj	12,5	12,2	29,31	34,63
2010.	Veljača	8,9	9,8	34,18	35,84

Najniža površinska slanost (29,31) zapažena je u siječnju 2010. godine, dok je najviša vrijednost (38,94) bila u rujnu 2009. godine. Varijabilnost površinske slanosti zabilježena je u razdoblju od rujna 2009. do veljače 2010. (Slika 4.1.1.). Prosječna površinska slanost iznosila je 35,61 (SD=3,12), dok je tijekom cijele godine pridneni sloj vode karakteriziran višim vrijednostima za slanost od površinskog sloja ili sloja u sredini vodenog stupca. Prosječna pridnena slanost iznosila je 36,6 (SD=2,25).



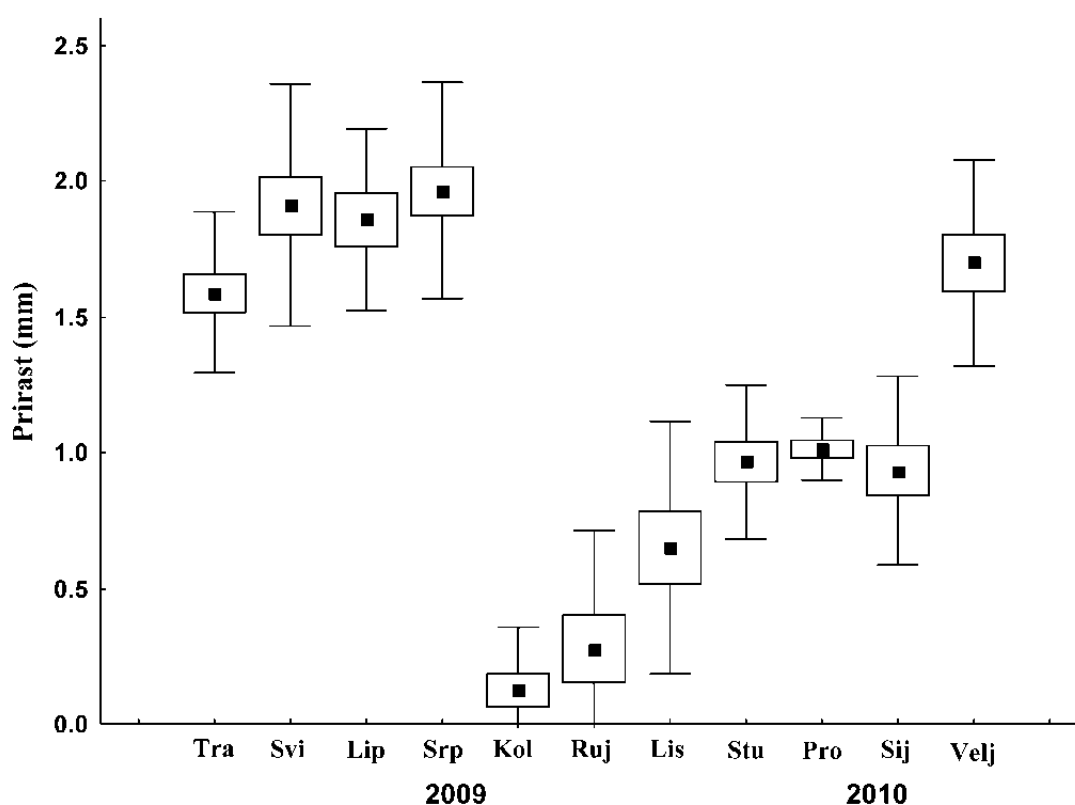
Slika 4.1.1. Rezultati mjerenja temperature i saliniteta na površini i na dnu na postaji Resnik, Kaštelanski zaljev. TP – temperatura na površini; TD – temperatura na dnu; SP – salinitet na površini; SD – salinitet na dnu.

4.2. Analiza unutarnjih prstenova rasta brbavice *Venus verrucosa*

4.2.1. Vrednovanje formiranja prstenova rasta

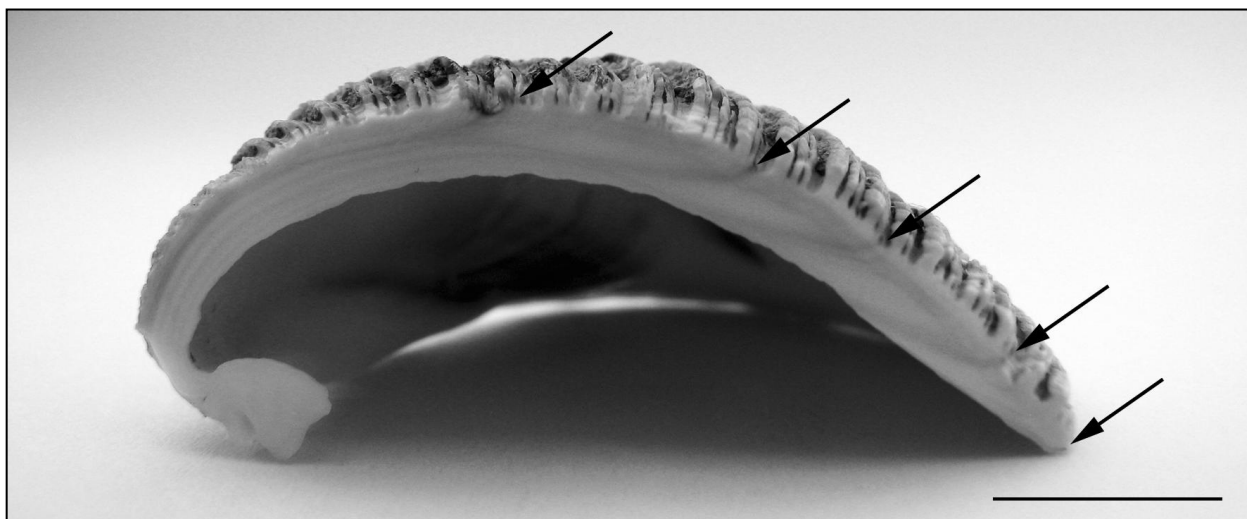
Prstenovi rasta bili su jasno vidljivi na dijelovima radijalnih prereza ljuštura svih analiziranih školjkaša. Vrednovanje formiranja prstenova rasta provedena je pomoću analize rubnog prirasta. Ukupno je pregledano 12 – 20 ljuštura svakog mjeseca, raspona dužina

32,2 – 49,0 mm sa srednjom vrijednošću $42,0 \pm 3,2$ mm. Rezultati analize pokazuju da se na postaji Resnik u Kaštelanskom zaljevu godišnje formira jedan tamni prsten. Tamni prstenovi rasta su bili prisutni ili na rubu ili vrlo blizu ruba ljuštore na jedinkama prikupljenim u kolovozu 2009. godine. Na slici 4.2.1. možemo vidjeti kolebanje udaljenosti od zadnjeg prstena do ruba ljuštore koja se lagano povećava od kolovoza nadalje. Najveća udaljenost između zadnjeg prstena i ruba ljuštore zabilježena je u srpnju 2009. godine. Starost školjkaša korištenih u ovoj analizi bila je u rasponu od četiri do šest godina.



Slika 4.2.1. Sezonske varijacije u razlikama između zadnjeg prstena rasta i ruba ljuštore (prirast) kod brbavice *Venus verrucosa* prikupljene mjesečno između travnja 2009. i veljače 2010. godine na postaji Resnik u Kaštelanskom zaljevu.

Na slici 4.2.2. prikazana je jedinka duga 41 mm i stara 5 godina na čijem su prerezu jasno vidljivi unutarnji prstenovi rasta označeni strelicama. Na rubu ljuštore vidimo rubni prsten rasta u formiranju nastao u kolovozu 2010. godine.



Slika 4.2.2. Prerez jedinke brbavice *Venus verrucosa* stare 5 godina prikupljene u kolovozu 2010. godine u Kaštelanskom zaljevu. Položaji prstenova rasta označeni su strelicama, skala=1 cm.

4.2.2. Analiza starosti i rasta

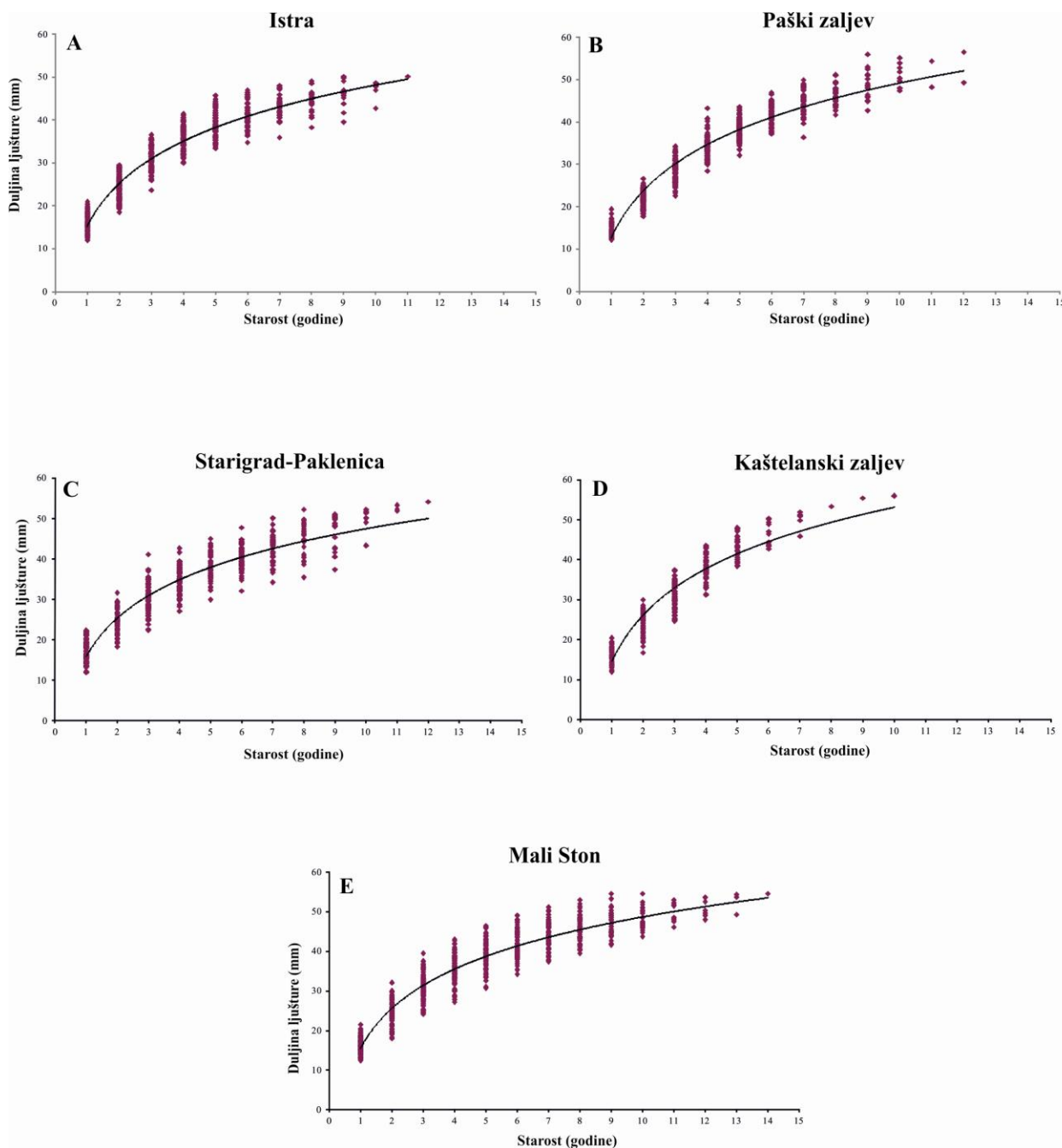
Analiza unutarnjih prstenova rasta na radijalnom prerezu ljuštura napravljena je na ukupno 476 jedinki školjkaša u rasponu 19,8 – 60,0 mm, prikupljenih na pet područja duž istočne obale Jadrana uključujući zapadnu obalu Istre, Paški zaljev, Starigrad-Paklenicu, Kaštelanski zaljev i Malostonski zaljev. Prikupljeni školjkaši su analizirani te im je određen rast i starost (Tablica 4.2.1.). Srednja dužina analiziranih jedinki sa svih područja iznosila je $42,9 \pm 6,4$ mm, dok je određena srednja starost bila $6,2 \pm 2,4$ godine. Najmanja prosječna dužina jedinki zabilježena je za područje Kaštelanskog zaljeva gdje je, također, utvrđena i najmanja prosječna starost analiziranih jedinki. Najveća srednja dužina te najveća prosječna starost utvrđena je za jedinke prikupljene u Malostonskom zaljevu.

Najstarija analizirana jedinka brbavice *Venus verrucosa* prikupljena u Malom Stonu imala je 14 godina. U Paškom zaljevu i Starigrad-Paklenici, najstariji analizirani školjkaši imali su 12 godina. U Istri je zabilježena najstarija jedinka s procijenjenih 11 godina starosti, dok je u Kaštelanskom zaljevu najstarija jedinka bila stara 10 godina. Vrijednosti konstante rasta bile su u rasponu od $0,20 \text{ godina}^{-1}$ u Paškom zaljevu do $0,31 \text{ godina}^{-1}$ u Istri, dok je asimptotski maksimum duljina kolebao od 48,2 mm u Istri do 57,9 mm u Paškom zaljevu. Index rasta ϕ' izračunat s ciljem usporedbe parametara rasta na različitim područjima je kolebao od 2,80 u Starigrad-Paklenici do 2,92 u Kaštelanskom zaljevu. S obzirom na to da je zbog načina uzorkovanja u

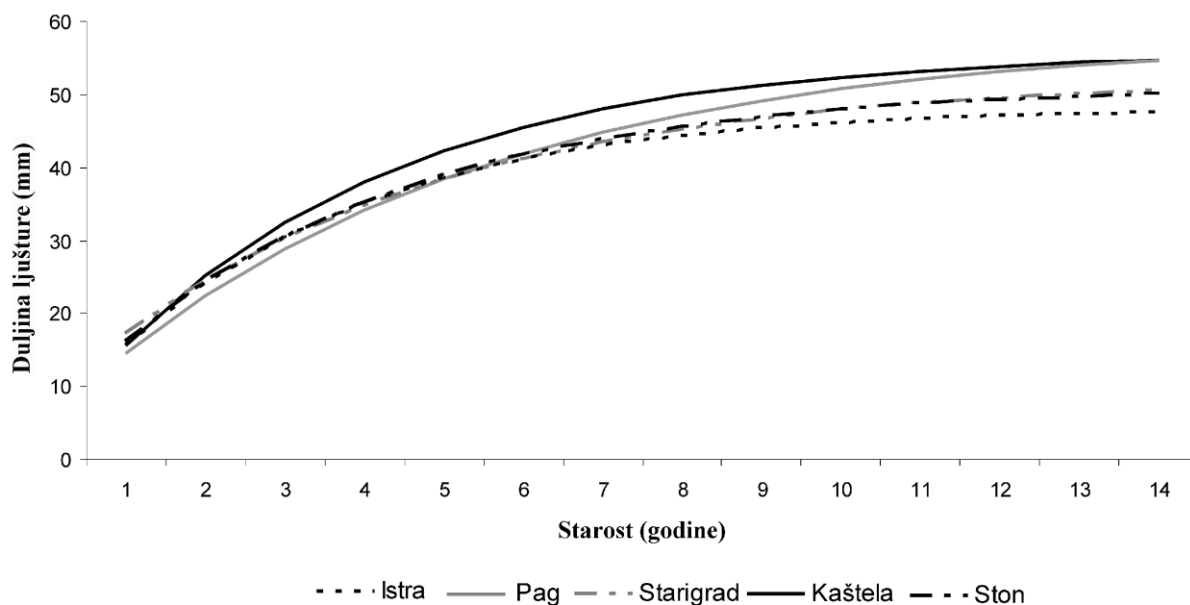
Kaštelanskom zaljevu prikupljeno puno nedoraslih jedinki izračunata asimptotska dužina je iznimno visoka, $L_{\infty}=79,0$ mm, stoga smo prilikom konstrukcije von Bertalanffy jednadžbe rasta u Kaštelanskom zaljevu L_{∞} postavili na veličinu najveće prikupljene jedinke koja je duga 55,97 mm. Na slici 4.2.3. vidimo apsolutne von Bertalanffyeve krivulje rasta dobivene analizom duljina ljuštore brbavice pri određenoj starosti prema područjima uzorkovanja, dok na slici 4.2.4. možemo vidjeti usporedan prikaz svih pet von Bertalanffy krivulja rasta dobivenih analizom duljina ljuštore pri određenoj starosti s pet istih područja uzorkovanja. Analiza prstenova rasta školjkaša pokazala je da je rast bio najintenzivniji za vrijeme prve četiri godine života školjkaša kada jedinke postižu dužinu od ~ 35 mm.

Tablica 4.2.1. Dužinski podatci pri određenom rasponu starosti kod brbavice *Venus verrucosa*, parametri von Bertalanffy krivulje rasta: broj prikupljenih jedinki (N), prosječna dužina školjkaša sa standardnom devijacijom (L), koeficijent rasta (k), asimptotska duljina (L_{∞}), duljina pri starosti 0 (t_0), phi-prime indeks rasta (ϕ').

Područje	N	L (mm)	Starost (godina)	N	L_{∞} (mm)	k (godina/1)	t_0 (godina)	ϕ'
Istra	109	$41,5 \pm 4,2$ (33,0-52,1)	$5,7-2,1$ (2-11)	622	48,20	0,31	-0,25	2,8 5
Paški zaljev	114	$43,5 \pm 7,3$ (23,2-60,0)	$6,4 \pm 2,3$ (1-12)	718	57,89	0,20	-0,45	2,8 2
Starigrad- Paklenica	76	$43,4 \pm 5,2$ (23,5-55,9)	$6,8 \pm 2,0$ (1-12)	504	52,38	0,23	-0,74	2,8 0
Kaštelanski zaljev	67	$41,0 \pm 9,0$ (19,8-58,7)	$4,1 \pm 1,9$ (1-10)	273	55,97	0,27	-0,21	2,9 2
Mali Ston	101	$44,6 \pm 5,6$ (26,2-56,0)	$7,5 \pm 2,3$ (2-14)	762	51,41	0,26	-0,46	2,8 3
Ukupno	467	$42,9 \pm 6,4$ (19,8-60,0)	$6,2 \pm 2,4$ (1-14)					



Slika 4.2.3. Apsolutna von Bertalanffyjeva krivulja rasta kod brbavice *Venus verrucosa* dobivena analizom duljina ljuštore (mm) pri određenoj starosti (godine) prema područjima uzorkovanja. **A:** Istra $L_t = 48,20 (1-e^{-0,31 (t+0,25)})$; **B:** Paški zaljev $L_t = 57,89 (1-e^{-0,20 (t+0,45)})$; **C:** Starigrad-Paklenica $L_t = 52,38 (1-e^{-0,23 (t+0,74)})$; **D:** Kaštelanski zaljev $L_t = 55,97 (1-e^{-0,27 (t+0,21)})$; **E:** Mali Ston $L_t = 51,41 (1-e^{-0,26 (t+0,46)})$.



Slika 4.2.4. Usporedba von Bertalanffyjevih krivulja rasta kod brbavice *Venus verrucosa* dobivenih analizom duljina ljuštore (mm) pri određenoj starosti (godine) na pet područja uzorkovanja.

Prikupljeni su podatci o prirastu korišteni za konstrukciju Gulland-Holt grafa za svako područje uzorkovanja (Istra, Paški zaljev, Starigrad-Paklenica, Kaštelanski zaljev i Mali Ston). Na Gulland-Holt grafu (Slika 4.2.5.) su stope rasta nanese na y-os, a srednja dužina ljuštore na x-os te su dobivene jednadžbe pravca ($y=ax+b$) za svako od uzorkovanih područja (Tablica 4.2.2.). Zabilježena vrijednost r^2 ukazuje na visok stupanj varijacije u rastu školjkaša.

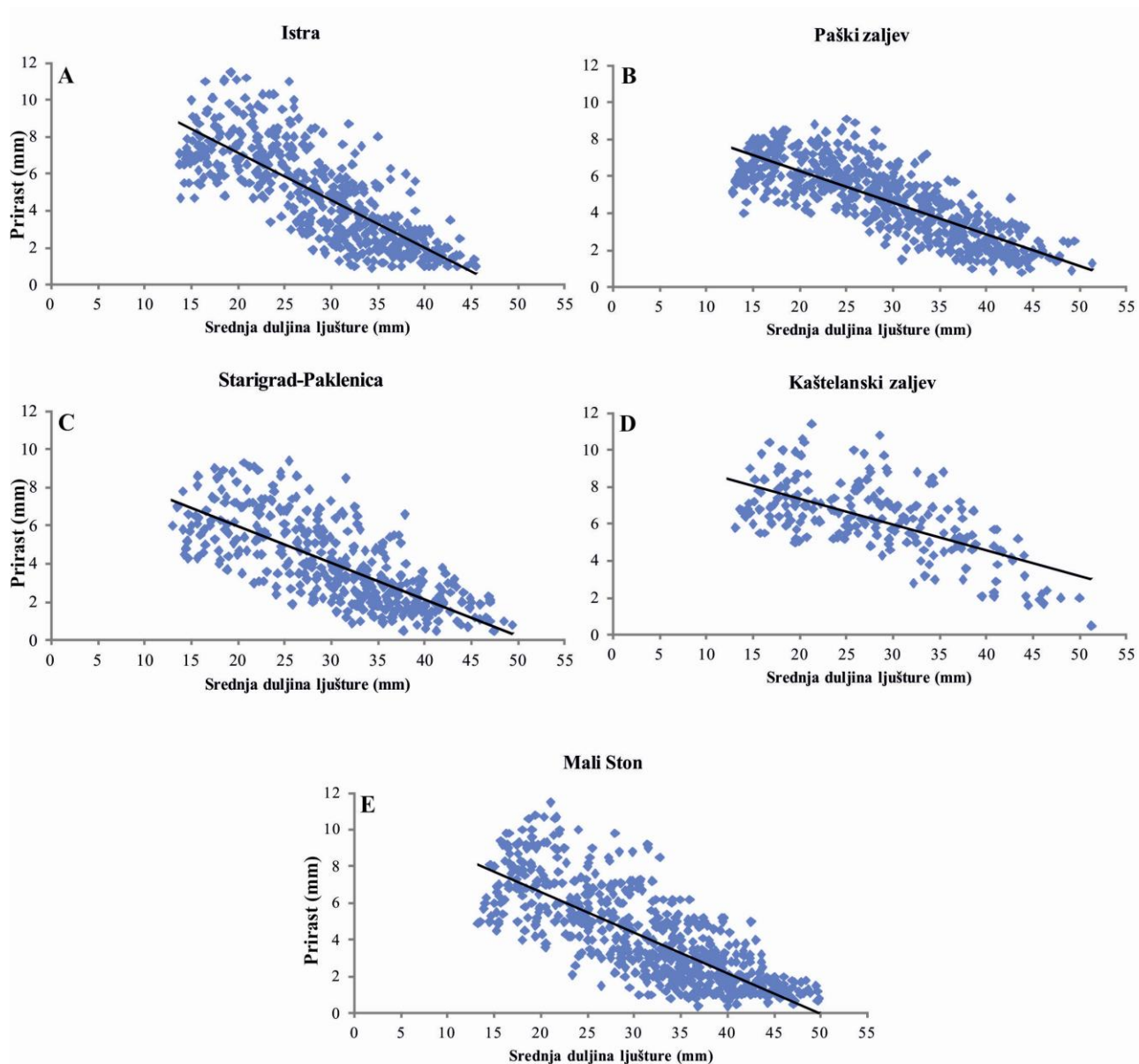
Na osnovu jednadžbi pravca dobiveni su parametri asimptotske dužine (L_∞) koja je procijenjena na temelju izračunatog odnosa duljine i visine na jedinkama korištenim u analizi:

$$L_\infty = 1,38 + 1,06H_\infty \quad (N=467, r^2=0,95)$$

Podatci o starosti pri određenoj duljini uneseni su u von Bertalanffy jednadžbu rasta, a vrijednosti konstante rasta su se kretale u rasponu od $0,13 \text{ godina}^{-1}$ u Kaštelanskom zaljevu do $0,25 \text{ godina}^{-1}$ u Istri, dok se asimptotski maksimum duljina kretao u rasponu od 52,10 mm u Istri do 78,98 mm u Kaštelanskom zaljevu (Tablica 4.2.2. i 4.2.3.). Index rasta ϕ' izračunat s ciljem usporedbe parametara rasta na različitim područjima, kretao se od 2,77 u Starigrad-Paklenici do 2,93 u Kaštelanskom zaljevu.

Tablica 4.2.2. Izračun vrijednosti asimptotske dužine (L_{∞}) i konstanti rasta (k) za svako od područja uzorkovanja na osnovi jednadžbi pravca.

Područje uzorkovanja	Jednažba pravca; $y=ax + b$
	Konstanta rasta (godina/1); $k=-a$ Asimptotska širina (mm); $H_{\infty}=b/a$ Asimptotska dužina (mm); $L_{\infty}=1,38 + 1,06 H_{\infty}$
Istra	$y=-0,256x + 12,270$ ($N=109$; $r^2=0,627$) $k=0,256$ godina/1 $H_{\infty}=47,86$ mm $L_{\infty}=52,11$ mm
Paški zaljev	$y=-0,170x + 9,677$ ($N=114$; $r^2=0,657$) $k=0,170$ godina/1 $H_{\infty}=56,89$ mm $L_{\infty}=61,68$ mm
Starigrad-Paklenica	$y=-0,191x + 9,810$ ($N=75$; $r^2=0,521$) $k=0,191$ godina/1 $H_{\infty}=51,33$ mm $L_{\infty}=55,79$ mm
Kaštelanski zaljev	$y=-0,139x + 10,147$ ($N=67$; $r^2=0,393$) $k=0,139$ godina/1 $H_{\infty}=73,211$ mm $L_{\infty}=78,98$ mm
Mali Ston	$y=-0,221x + 11,051$ ($N=101$; $r^2=0,607$) $k=0,221$ godina/1 $H_{\infty}=49,91$ mm $L_{\infty}=54,29$ mm



Slika 4.2.5. Gulland-Holt graf za svako od pet područja uzorkovanja. **A:** Istra $y = -0,2564x + 12,27$ ($N=109$; $r^2=0,627$); **B:** Paški zaljev $y = -0,170x + 9,677$ ($N=114$, $r^2=0,657$) **C:** Starigrad-Paklenica $y = -0,191x + 9,801$ ($N=75$, $r^2=0,521$); **D:** Kaštelanski zaljev $y = -0,139x + 10,147$ ($N=67$, $r^2=0,393$); **E:** Mali Ston $y = -0,221x + 11,051$ ($N=101$, $r^2=0,608$).

Tablica 4.2.3. Usporedba parametara von Bertalanffyjeve jednadžbe rasta korištenjem različitih metoda analize rasta i starosti školjkaša *Venus verrucosa*.

Područje uzorkovanja	Analiza unutrašnjih prstenova rasta				Analiza prirasta (Gulland-Holt)		
	L_{∞} (mm)	k (godina/1)	t_0 (godina)	ϕ'	L_{∞} (mm)	k (godina/1)	ϕ'
Istra	48,20	0,31	-0,25	2,85	52,10	0,25	2,84
Paški zaljev	57,89	0,20	-0,45	2,82	61,68	0,17	2,81
Starigrad- Paklenica	52,38	0,23	-0,74	2,80	55,79	0,19	2,77
Kaštelanski zaljev	55,97	0,27	-0,21	2,92	78,98	0,13	2,93
Mali Ston	51,41	0,26	-0,46	2,83	54,28	0,22	2,81

Podatci o srednjoj duljini školjkaša prilikom formiranja prstena rasta prema mjestu uzorkovanja prikazani su u Tablici 4.2.4. Uočene vrijednosti su relativno slične, s glavnim iznimkom na uzorcima iz Kaštelanskog zaljeva.

Tablica 4.2.4. Srednja duljina (mm) školjkaša *Venus verrucosa* pri određenoj starosti, prilikom formiranja prstena, te odgovarajuća standardna devijacija (mm) na svakoj od postaja uzorkovanja.

Starost (godine)	Istra	Paški zaljev	Starigrad- Paklenica	Kaštelanski zaljev	Mali Ston
1	15,7 ± 2,1	14,6 ± 1,5	16,9 ± 2,6	16,1 ± 2,1	16,3 ± 2,1
2	24,0 ± 2,7	21,7 ± 2,0	24,0 ± 3,2	23,9 ± 2,8	24,4 ± 2,9
3	31,0 ± 2,5	28,5 ± 2,4	30,3 ± 3,8	31,2 ± 3,4	30,8 ± 3,3
4	35,6 ± 2,7	34,2 ± 2,5	34,5 ± 3,3	37,6 ± 3,1	35,6 ± 3,5
5	38,8 ± 3,1	38,4 ± 2,3	38,3 ± 3,3	43,3 ± 3,1	39,2 ± 3,6
6	41,0 ± 2,9	41,79 ± 2,2	40,5 ± 3,2	47,0 ± 2,8	42,0 ± 3,4
7	43,0 ± 2,7	44,3 ± 2,6	42,7 ± 3,6	50,2 ± 2,2	43,7 ± 3,4
8	44,2 ± 2,5	46,7 ± 2,5	44,9 ± 4,0	53,3	45,4 ± 3,4
9	45,9 ± 2,7	48,8 ± 3,3	46,0 ± 4,4	55,4	46,9 ± 3,3
10	47,0 ± 2,2	50,8 ± 2,8	49,7 ± 3,3	56,0	48,3 ± 2,9
11	50,1	51,3	52,5 ± 0,7		49,7 ± 2,4
12		52,9	54,2		51,0 ± 2,3
13					52,5 ± 2,8
14					54,6

4.2.3. Analiza sastava populacija

Rezultati analize starosti jedinki *Venus verrucosa* prikupljenih s pet postaja uključujući zapadnu obalu Istre, Paški zaljev, Starigrad-Paklenicu, Kaštelanski zaljev i Mali Ston prikazani su u Tablici 4.2.5. S obzirom na to da imamo izračunat broj jedinki određene starosti, po postaji uzorkovanja izračunali smo postotak jedinki određene starosti u populaciji i tako dobili i vrijeme novačenja (Tablica 4.2.6., Slika 4.2.6. – 4.2.10.). Postotak prikupljenih školjkaša starih 10 ili više godina, varirao je u odnosu na mjesto uzorkovanja. U Malom Stonu 11% analiziranih školjkaša bilo je staro 10 ili više godina, u Paškom zaljevu 8%, dok je u Istri, Starigrad-Paklenici i Kaštelanskom zaljevu samo nekolicina školjkaša pripadala ovoj starosnoj kategoriji, redom 5%,

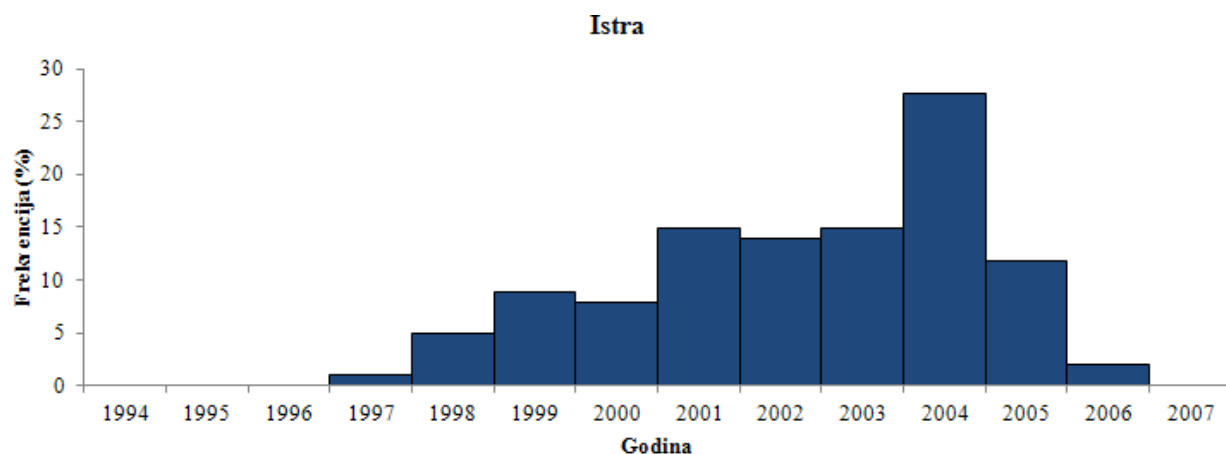
2% i 1%. Jedinke starije od 12 godine prisutne su na tri postaje uzorkovanja; Paški zaljev (1%), Starigrad-Paklenica (1%) i Mali Ston (3%).

Tablica 4.2.5. Broj jedinki školjkaša *Venus verrucosa* prema područjima uzorkovanja i godinama starosti.

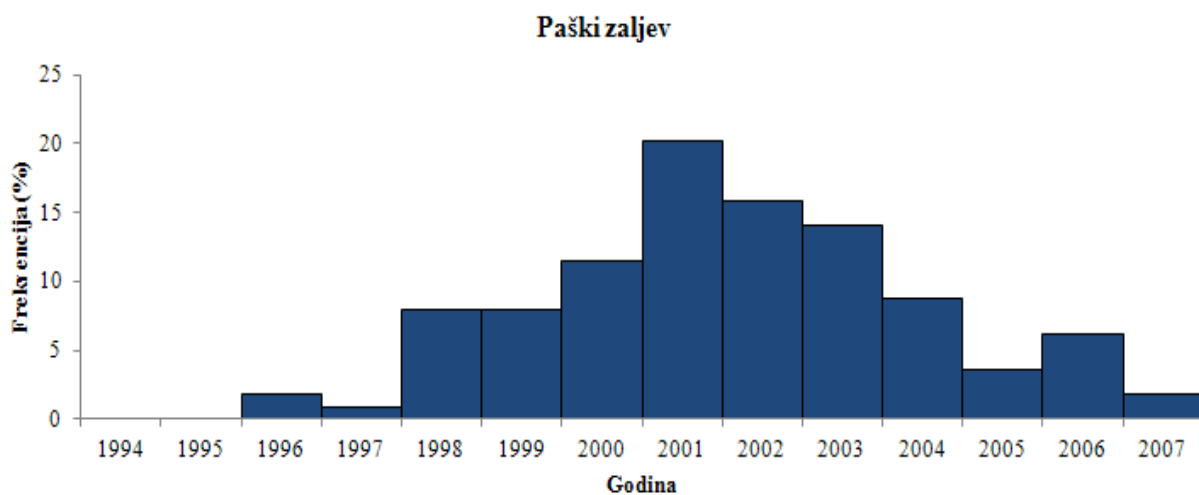
Starost (godine)	Istra	Paški zaljev	Starigrad -Paklenica	Kaštelanski zaljev	Mali Ston
1	0	2	1	7	0
2	2	7	0	8	1
3	12	4	3	7	2
4	28	10	2	16	3
5	15	16	17	16	11
6	14	18	14	5	20
7	15	23	10	7	17
8	8	13	14	0	14
9	9	9	9	0	13
10	5	9	2	1	11
11	1	1	3	0	3
12	0	2	1	0	3
13	0	0	0	0	2
14	0	0	0	0	1
Ukupno	109	114	76	67	101

Tablica 4.2.6. Postotak jedinki brbavice *Venus verrucosa* određene starosne kategorije u populaciji s naznačenim vremenom novačenja školjkaša na pet područja (Istra, Paški zaljev, Starigrad-Paklenica, Kaštelanski zaljev i Mali Ston).

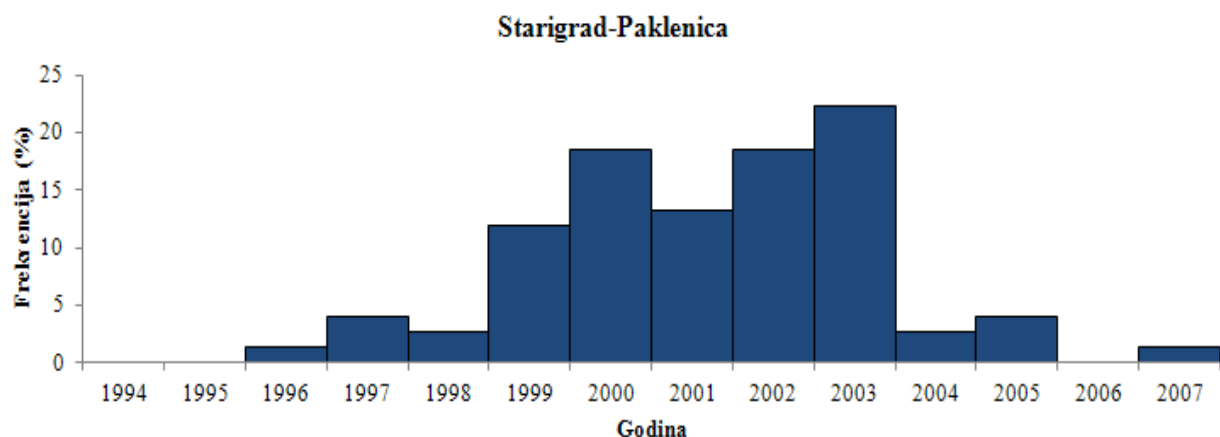
Godina	Starost (godine)	Istra (%)	Paški zaljev (%)	Starigrad- Paklenica (%)	Kaštelanski zaljev (%)	Mali Ston (%)
2007.	1		1,7	1,3	10,4	
2006.	2	2,0	6,1		11,9	1,0
2005.	3	11,9	3,5	3,9	10,4	2,0
2004.	4	27,7	8,8	2,6	23,9	3,0
2003.	5	14,8	14,0	22,4	23,9	10,9
2002.	6	13,9	15,8	18,4	7,5	19,8
2001.	7	14,8	20,2	13,2	10,4	16,8
2000.	8	7,9	11,4	18,4		13,9
1999.	9	8,9	7,9	11,8		12,9
1998.	10	4,9	7,9	2,6	1,5	10,9
1997.	11	1,0	0,9	3,9		3,0
1996.	12		1,7	1,3		3,0
1995.	13					2,0
1994.	14					1,0



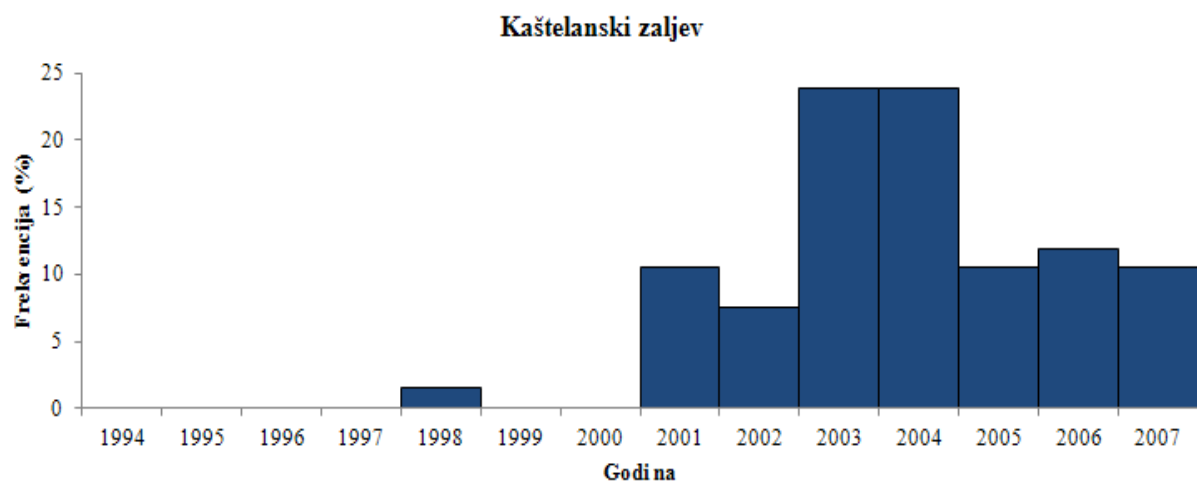
Slika 4.2.6. Histogram frekvencija (%) jedinki brbavice *Venus verrucosa* određene starosne kategorije u populaciji s naznačenim vremenom novačenja školjkaša od 1994. do 2007. godine u Istri.



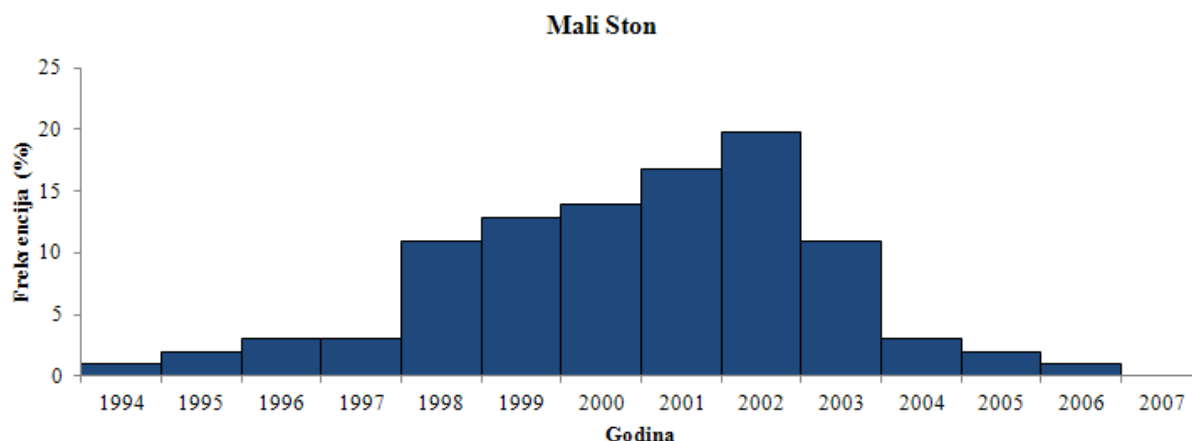
Slika 4.2.7. Histogrami frekvencija (%) jedinki brbavice *Venus verrucosa* određene starosne kategorije u populaciji s naznačenim vremenom novačenja školjkaša od 1994. do 2007. godine u Paškom zaljevu.



Slika 4.2.8. Histogrami frekvencija (%) jedinki brbavice *Venus verrucosa* određene starosne kategorije u populaciji s naznačenim vremenom novačenja školjkaša od 1994. do 2007. godine u Starigrad-Paklenici.



Slika 4.2.9. Histogrami frekvencija (%) jedinki brbavice *Venus verrucosa* određene starosne kategorije u populaciji s naznačenim vremenom novačenja školjkaša od 1994. do 2007. godine u Kaštelanskom zaljevu.



Slika 4.2.10. Histogrami frekvencija (%) jedinki brbavice *Venus verrucosa* određene starosne kategorije u populaciji s naznačenim vremenom novačenja školjkaša od 1994. do 2007. godine u Malom Stonu.

Za analizu dužinskih frekvencija na postaji Resnik, Kaštelanski zaljev, od svibnja 2009. do veljače 2010. godine ukupno je prikupljeno i izmjereno 1.106 jedinki brbavice *V. verrucosa*. Minimalna zabilježena dužina školjkaša bila je 22,8 mm, dok je maksimalna dužina bila 57,4 mm (Tablice 4.2.7. i 4.2.8.). Srednja dužina analiziranih školjkaša bila je $36,0 \pm 4,94$ mm. Samo je 4,1% jedinki (N=46) bilo duže od 45 mm, dok je 0,45% (N=5) bilo duže od 50 mm.

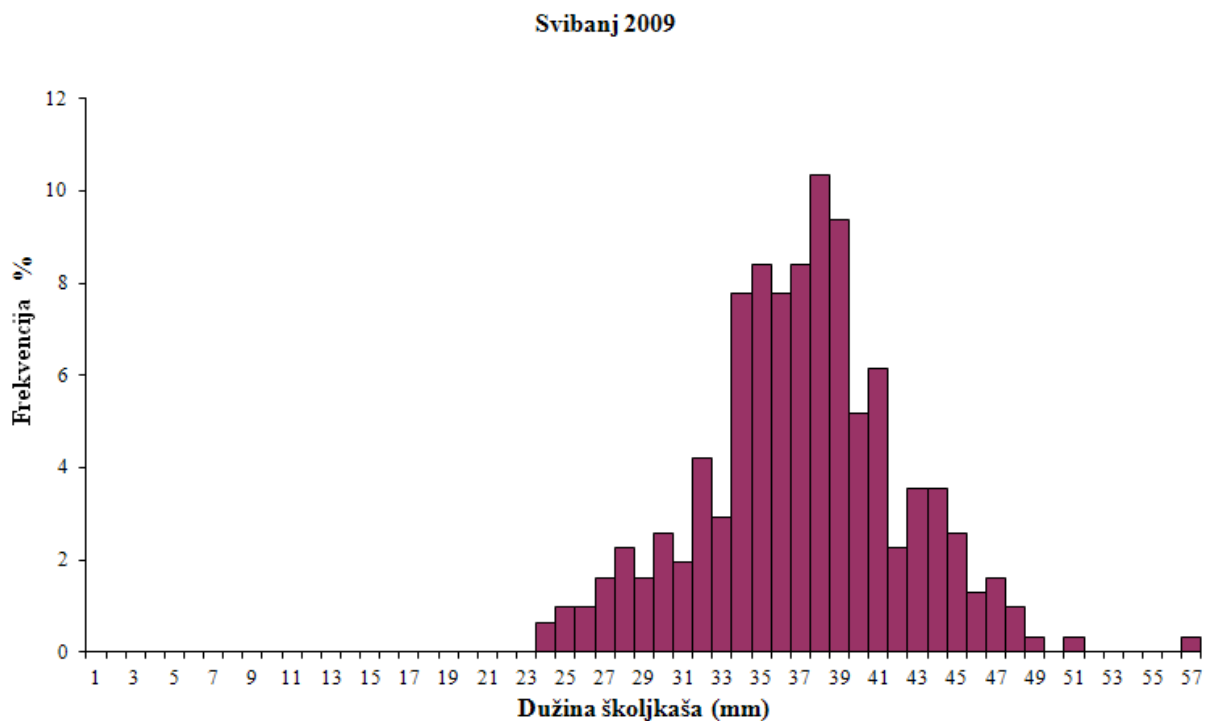
Tablica 4.2.7. Dužinska raspodjela uzoraka brbavice *Venus verrucosa* po mjesecima uzorkovanja u 2009. i 2010. godini.

Dužina (mm)	Svibanj 2009. (N)	Kolovoz 2009. (N)	Studenj 2009. (N)	Veljača 2010. (N)
23	0	0	2	1
24	2	0	0	0
25	3	3	4	0
26	3	4	5	4
27	5	3	3	1
28	7	8	10	5
29	5	10	14	9
30	8	15	18	7
31	6	14	18	11
32	13	8	24	18
33	9	16	17	16
34	24	15	27	29
35	26	16	29	27
36	24	16	21	26
37	26	14	27	26
38	32	13	12	21
39	29	14	17	15
40	16	11	17	16
41	19	6	12	11
42	7	3	8	22
43	11	3	4	10
44	11	3	6	4
45	8	1	3	8
46	4	0	1	5
47	5	0	0	5
48	3	0	0	2
49	1	0	0	0
50	0	0	0	1
51	1	1	0	0
52	0	0	0	0
53	0	0	1	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	1	0	0	0

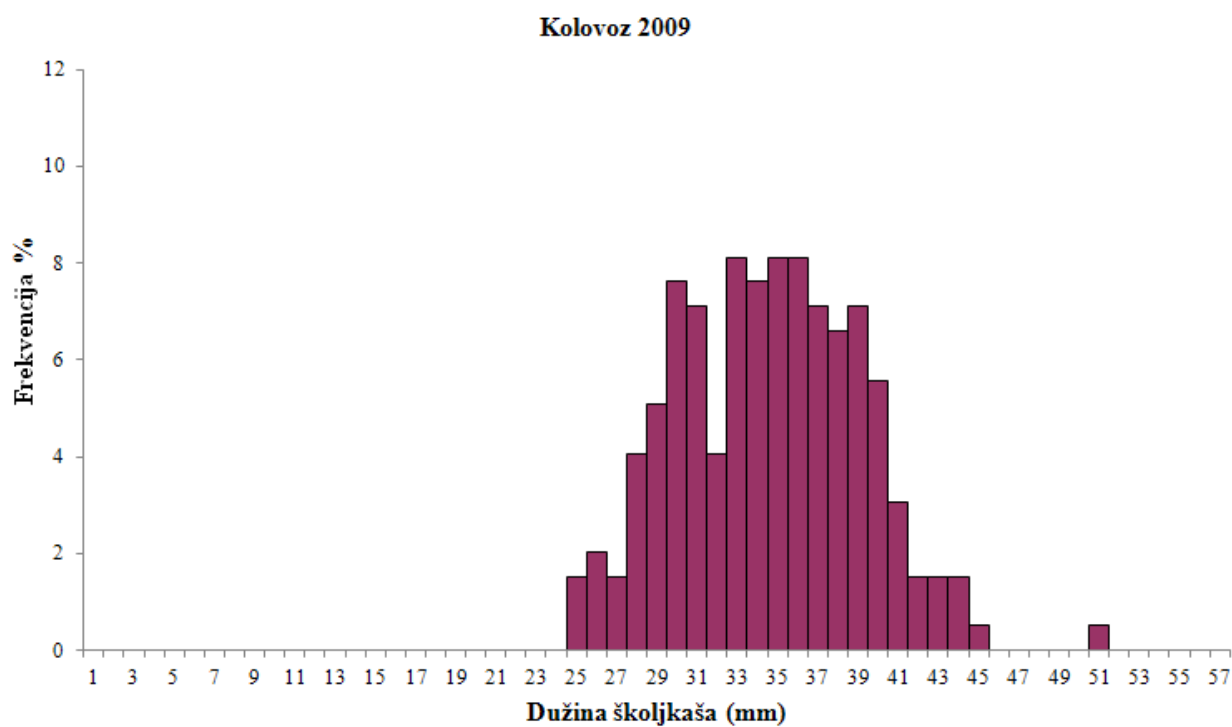
Tablica 4.2.8. Broj jedinki, srednja vrijednost, standardna devijacija i raspon vrijednosti dužina po mjesecima uzorkovanja u Kaštelanskom zaljevu za brbavicu *Venus verrucosa*.

Godina	Mjesec	N	Srednja vrijednost (mm)	Standardna devijacija (mm)	Min (mm)	Max (mm)
2009.	Svibanj	309	37,7	5,1	24,0	57,4
2009.	Kolovoz	197	35,0	4,6	25,5	51,1
2009.	Studenj	300	34,7	4,7	22,9	53,2
2010.	Veljača	300	36,3	4,8	22,8	50,4

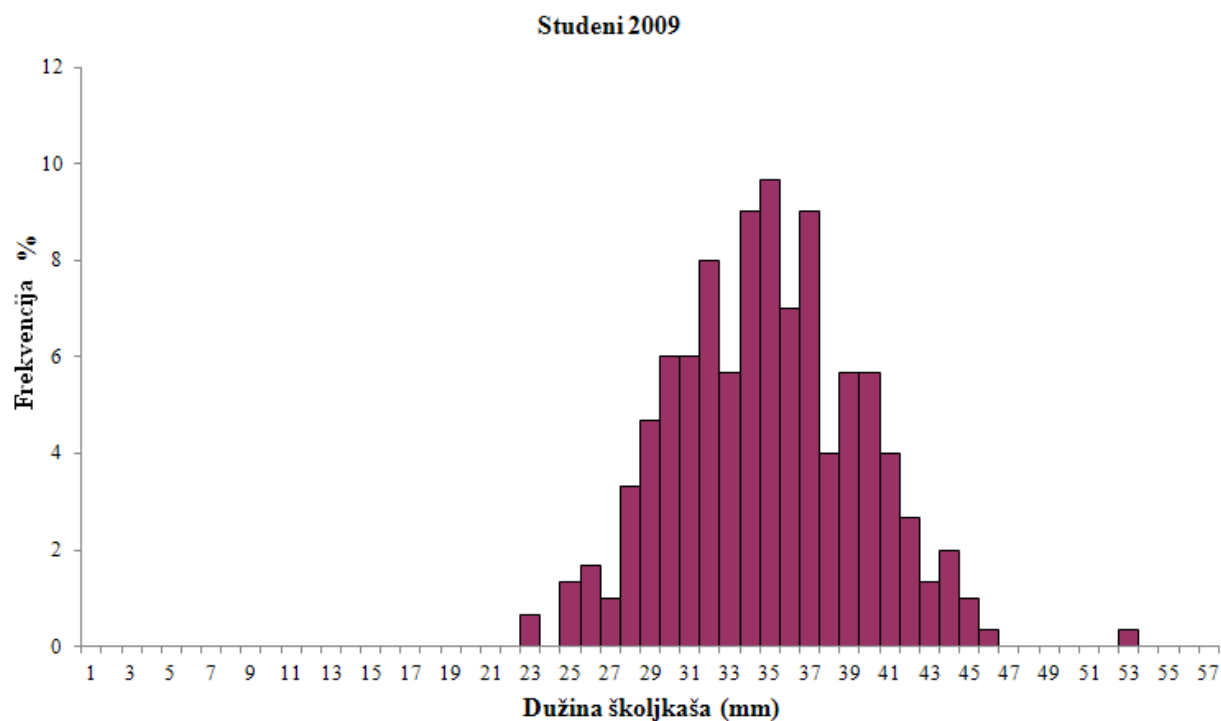
Histogrami dužinskih frekvencija jedinki školjkaša prikupljenih u Kaštelanskom zaljevu prikazani su na slikama 4.2.11. – 4.2.14. Najmanje prikupljene jedinice u populaciji bile su preko duljine od 20 mm. Po mjesecima je srednja vrijednost duljina školjkaša kolebala od $34,7 \pm 4,7$ mm u studenom 2009. godine do $37,7 \pm 5,1$ mm u svibnju 2009. godine. U prikupljenim je uzorcima ustanovljen mali postotak dužih, a time i starijih jedinki koje prelaze preko 50 mm dužine.



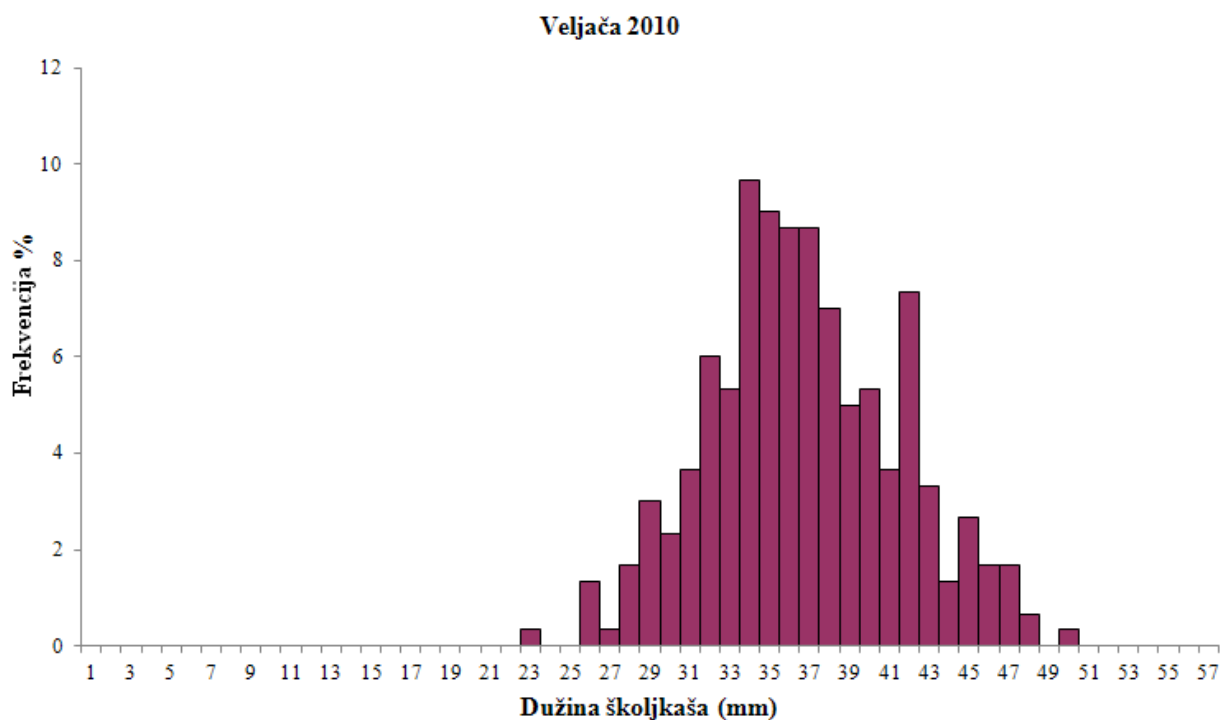
Slika 4.2.11. Histogram dužinskih frekvencija uzoraka brbavice *Venus verrucosa* sakupljenih na postaji Resnik u Kaštelanskom zaljevu u svibnju 2009. godine.



Slika 4.2.12. Histogram dužinskih frekvencija uzoraka brbavice *Venus verrucosa* sakupljenih na postaji Resnik u Kaštelanskom zaljevu u kolovozu 2009. godine.



Slika 4.2.13. Histogram dužinskih frekvencija uzoraka brbavice *Venus verrucosa* sakupljenih na postaji Resnik u Kaštelanskom zaljevu u studenom 2009. godine.



Slika 4.2.14. Histogram dužinskih frekvencija uzoraka brbavice *Venus verrucosa* sakupljenih na postaji Resnik u Kaštelanskom zaljevu u veljači 2010. godine.

4.3. Histološka analiza gonada brbavice *Venus verrucosa*

Kvalitativnim i kvantitativnim metodama histološke analiza gonada brbavice *Venus verrucosa* omogućeno je određivanje razdoblja mrijesta školjkaša, ali i praćenje razvojnih stadija tijekom oogeneze i spermatogeneze. Uzorci gonada su prikupljeni od ukupno 360 velikih jedinki brbavice *V. verrucosa*, od kojih su dva uzorka (0,5%) izgubljena tijekom postupka, dok kod dva uzorka nije bilo moguće determinirati spol. Chi-kvadrat test nije pokazao statistički značajnu razliku između broja mužjaka i ženki ($\chi^2=0,228$; $p=0,632$). Nadalje, nije bilo statistički značajne razlike između duljine ljuštura mužjaka ($N=173$, $L=41,39 \pm 3,71$ mm) i ženki ($N=182$; $L=42,16 \pm 3,67$ mm; $W=29171,5$; $P>0,05$).

4.3.1. Kvalitativna histološka analiza

Kod mužjaka uzorkovanih jedinki brbavice *Venus verrucosa* pronađene su stanice spermatogenetske loze kroz sljedeće stadije razvoja gonada: neaktivni (0), rano sazrijevanje (3), kasno sazrijevanje (4), zreli (5), djelomično izmriješteni (2) i izmriješteni stadij (1). U spermatogenezi se primarna spermatogonija umnožava mitozom da bi nastala sekundarna spermatogonija od koje mejozom nastaje spermatocita. Od nje nastaju spermatide koje se diferenciraju u spermatozoid s repićem.

Neaktivni stadij – Prilikom ovog istraživanja ustanovljeno je da brbavice *V. verrucosa* imaju kontinuiranu gametogensku aktivnost koja se proteže tijekom čitave godine tako da neaktivni stadij možemo uočiti vrlo kratko ili samo kod juvenilnih jedinki koje još nisu dostigle veličinu prve spolne zrelosti. Možemo uočiti malo nediferenciranih zametnih stanica, ali je spol jedinke teško odrediti.

Stadij ranog sazrijevanja započinje u siječnju. Na Slici 4.3.1. možemo uočiti gusto vezivno tkivo s malim 'otočićima' režnjeva. Režnjevi su puni tamnih i velikih zametnih stanica i prvih spermatogonija.

Stadij kasnog sazrijevanja je najintenzivniji u travnju. Na slici 4.3.2. možemo vidjeti da su veći režnjevi puni spermatogonija na periferiji i spermatocita u sredini. Prvi spermatozoidi tvore ružičasti lumen svojim repićima.

Zreli stadij se javlja u lipnju, a obilježava ga (Slika 4.3.3.) svijetloružičasto intersticijsko vezivno tkivo smješteno između eliptičnih režnjeva, ispunjenih bazalno vezanim spermatogonijama i spermatocitima. Lumen režnjeva ispunjen je malim zrelim spermatozoidima s prepoznatljivim ružičastim repićima u centru režnjeva.

Djelomično izmriješteni stadij započinje otprilike u lipnju, a najintenzivniji je u studenom i prosincu (Slika 4.3.4.). Obilježava ga rahlo vezivno tkivo koje okružuje djelomično ispražnjene režnjeve, većinom pune zrelih spermatozoida.

Izmriješteni stadij javlja se u studenom i prosincu (Slika 4.3.5.). Obilježavaju ga narušeni i prazni režnjevi duž kompaktnijeg vezivnog tkiva. Prisutni su i ostatci bazalno lociranih spermatozoida i fagocita.

Prilikom odvijanja oogeneze kod brbavice *V. verrucosa*, primarne oogonije prolaze kroz ponovljenu mitotičku diobu tj. umnožavaju se mitozom iz kojih nastaju sekundarne oogonije koje ulaze u profazu mejoze I. Preostali mejotički stadiji se završavaju nakon oplodnje. Oocyte

zatim prolaze razdoblje vitelogeneze, koje uključuje nakupljanje lipidnih kapljica i male količine glikogena. Odlaganje ovih rezervi popraćeno je povećanjem veličine oocita. Propadanje (liza) oocita se odvija za vrijeme gonadnog ciklusa, ali je posebno izraženo na početku mrijesta te na kraju sezone mrijesta. U ovom istraživanju kod jedinki brbavice *V. verrucosa* pronađene su oocite u različitim fazama razvoja tijekom godine, pri čemu se razlikovalo 6 stadija oogeneze: neaktivni, rano sazrijevanje, kasno sazrijevanje, zreli, djelomično izmriješteni i izmriješteni stadij.

Neaktivni stadij – Prilikom ovog istraživanja ustanovljeno je da brbavica *V. verrucosa* ima kontinuiranu gametogensku aktivnost koja se proteže tijekom čitave godine tako da neaktivni stadij možemo uočiti samo kod juvenilnih jedinki koje još nisu dostigle veličinu prve spolne zrelosti. Možemo uočiti malo nediferenciranih zametnih stanica, ali je spol jedinke teško odrediti.

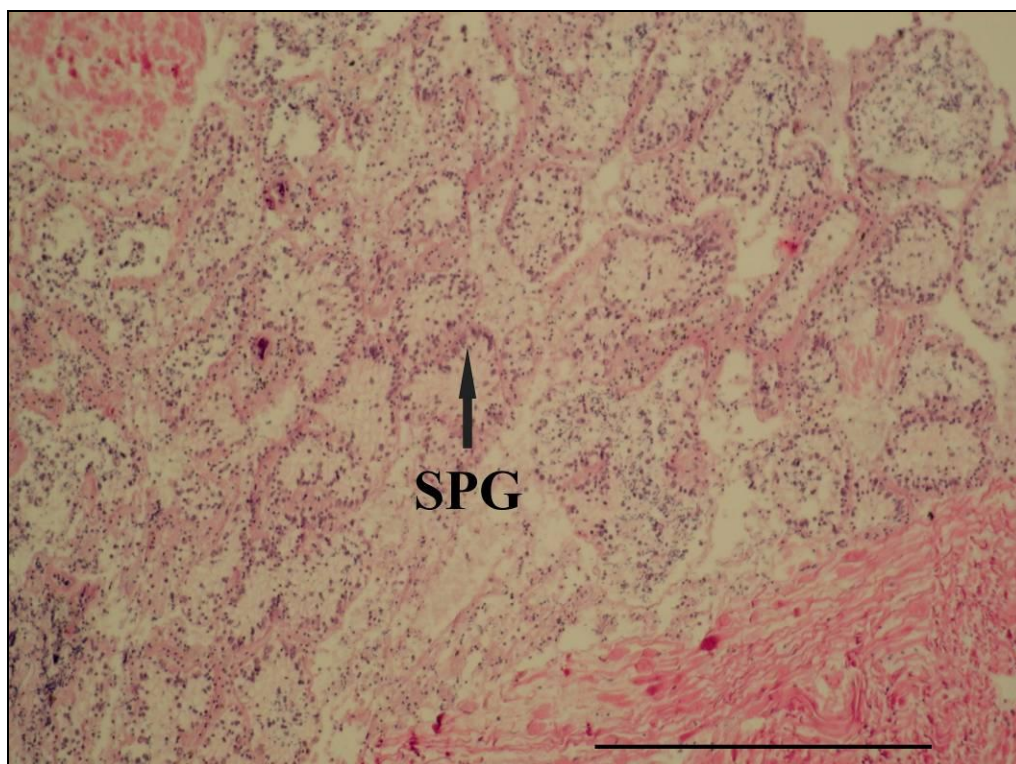
Stadij ranog sazrijevanja javlja se od siječnja do svibnja (Slika 4.3.6.), a obilježavaju ga raspršeni široki reznjeve s jednoslojnim malim oogonijima u razvoju. Male oogonije i zametne stanice pričvršćene su za stijenke, okružene vezivnim tkivom.

Stadij kasnog sazrijevanja obilježavaju produljeni ili ovalni folikuli (Slika 4.3.7.). Uočavamo mali broj oogonija uz zid folikula, između velikih previtelogenih i nekolicine vitelogenih oocita.

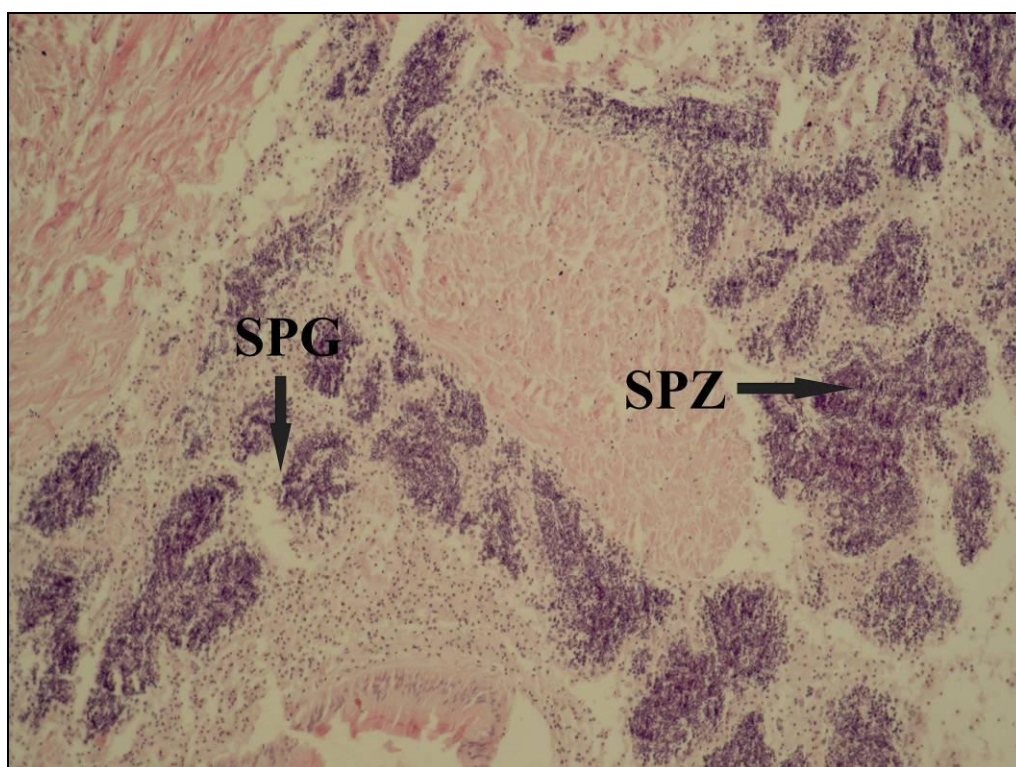
Zreli stadij se javlja s prvim zrelim ženjkama tijekom svibnja i početka lipnja. U zreлом stadiju (Slika 4.3.8.) uočava se rahlo intersticijsko vezivno tkivo. Folikuli su većinom zaobljeni, dok su oni veći puni pričvršćenih i slobodnih, uglavnom zrelih oocita.

Djelomično izmriješteni stadij traje otprilike od lipnja do studenog (Slika 4.3.9.). Uočava se samo nekoliko slojeva intersticijskog vezivnog tkiva i puno praznog prostora. Većina oocita u postvitelogenoj fazi slobodna je u lumenu folikula, a sadrže velike svijetle jezgre i male bazofilne jezgrice.

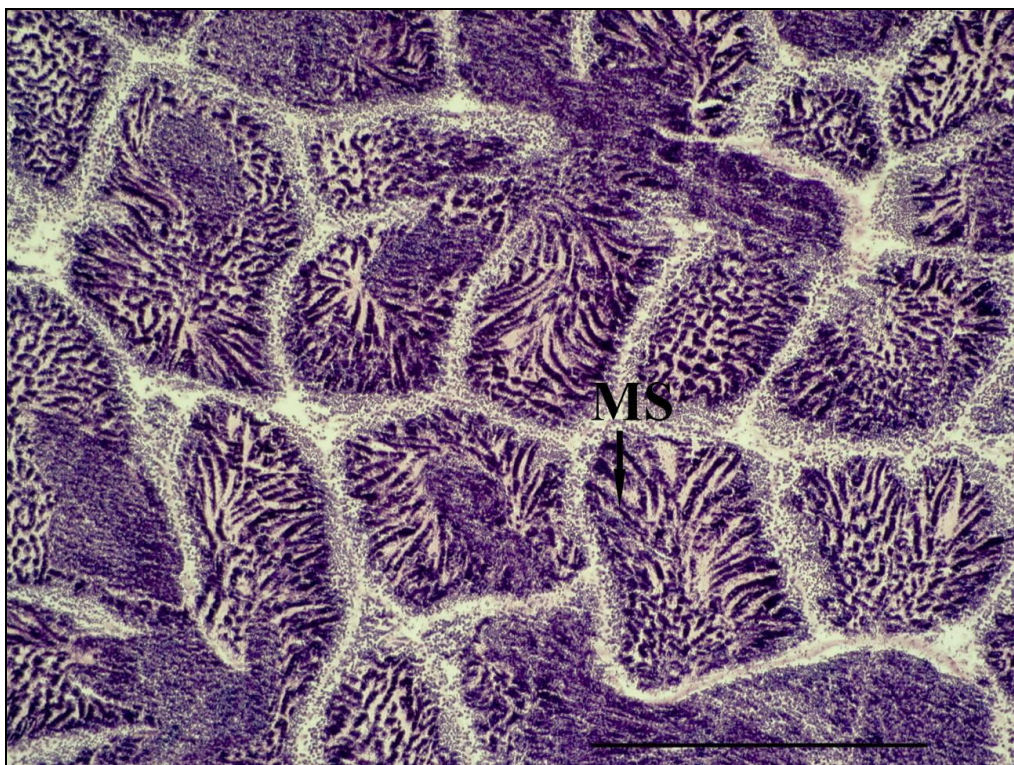
Izmriješteni stadij se javlja u studenom i prosincu (Slika 4.3.10.) a obilježavaju ga rahlo i posve prazno vezivno tkivo oko praznih folikula. Uočava se samo jedan degenerirani oocit. Stijenke folikula su već razgrađene fagocitozom.



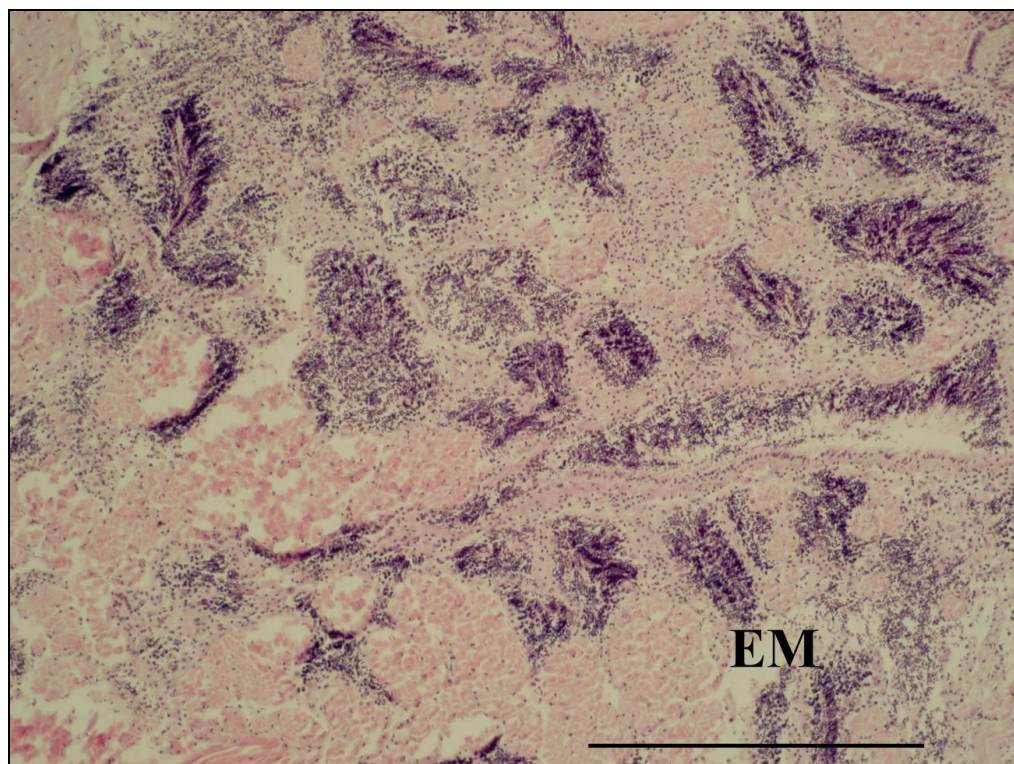
Slika 4.3.1. Histološki prerez gonade mužjaka brbavice *Venus verrucosa*: rano sazrijevanje; SPG – spermatogonija; mjerna skala 500 μm .



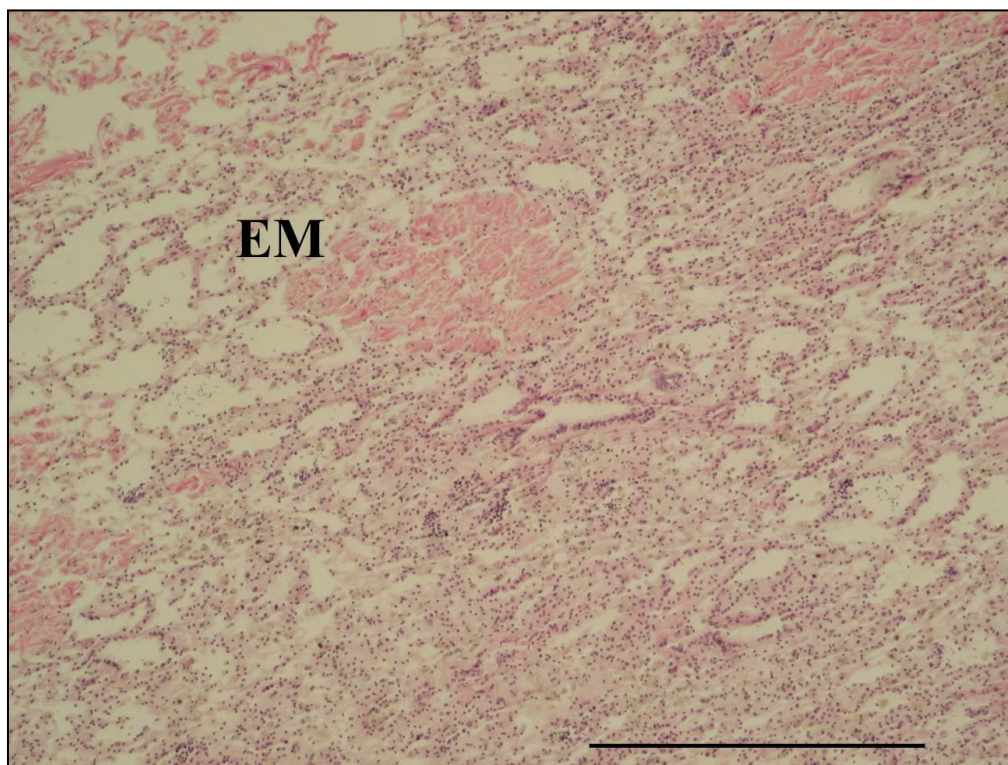
Slika 4.3.2. Histološki prerez gonade mužjaka brbavice *Venus verrucosa*: kasno sazrijevanje; SPG – spermatogonija; SPZ – spermatozoid; mjerna skala 500 μm .



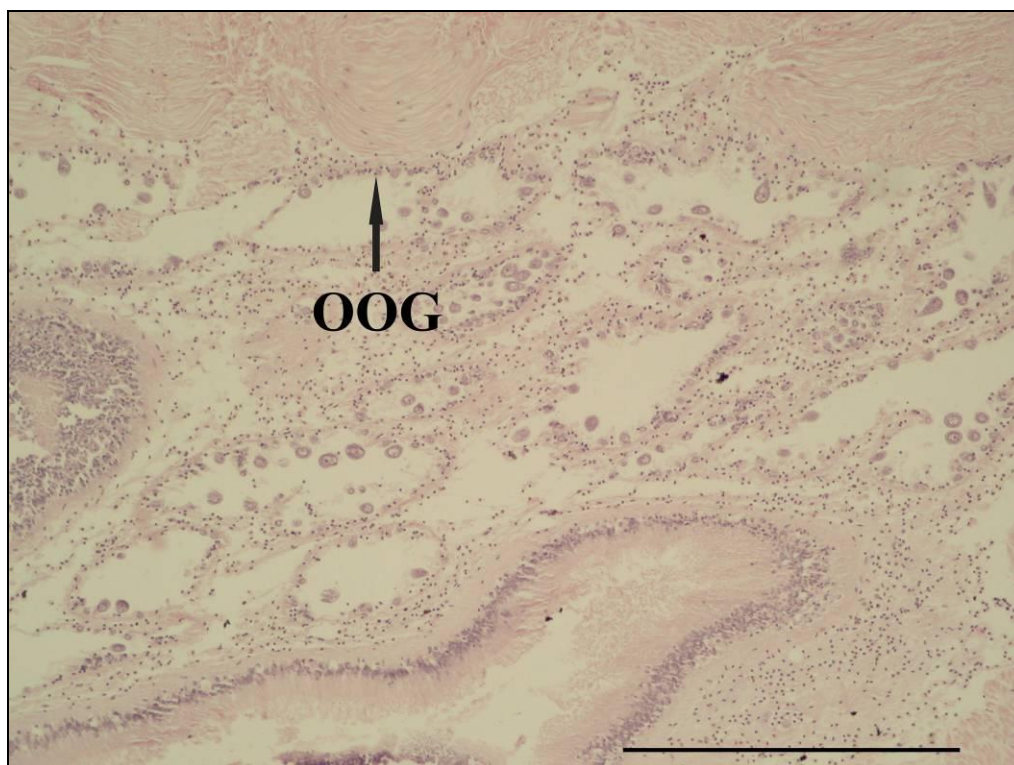
Slika 4.3.3. Histološki prerez gonade mužjaka brbavice *Venus verrucosa*: zreli stadij; MS – zreli spermatozoid; mjerna skala 500 μ m.



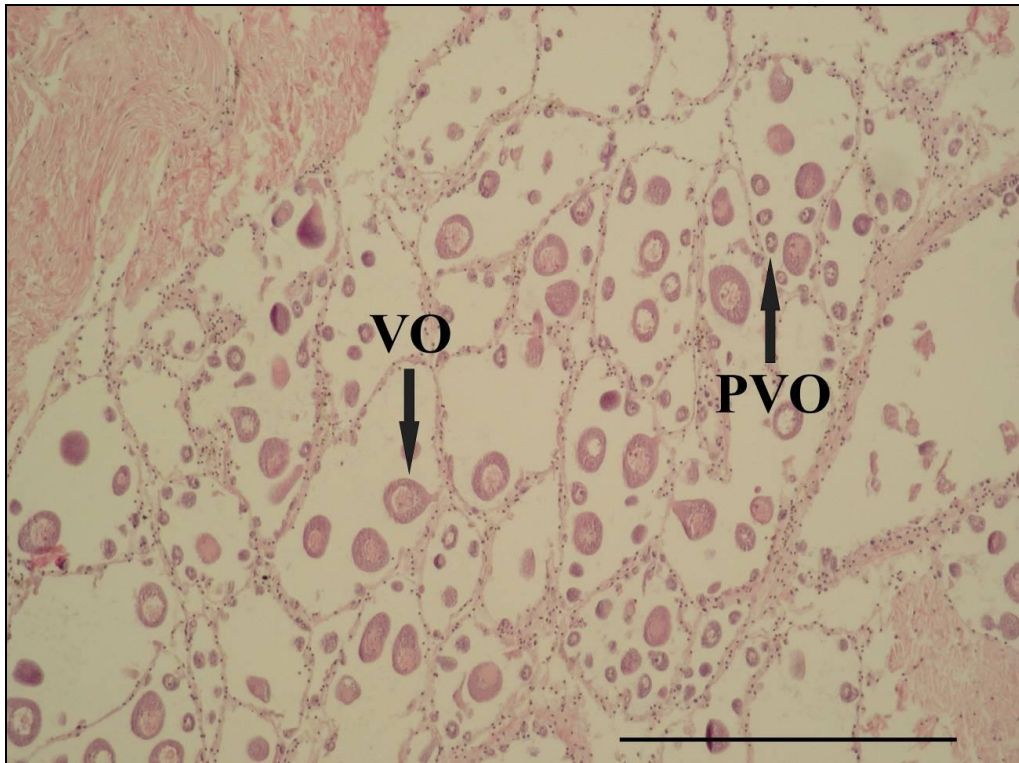
Slika 4.3.4. Histološki prerez gonade mužjaka brbavice *Venus verrucosa*: djelomično izmriješteni stadij; EM – prazni prostor; mjerna skala 500 μ m.



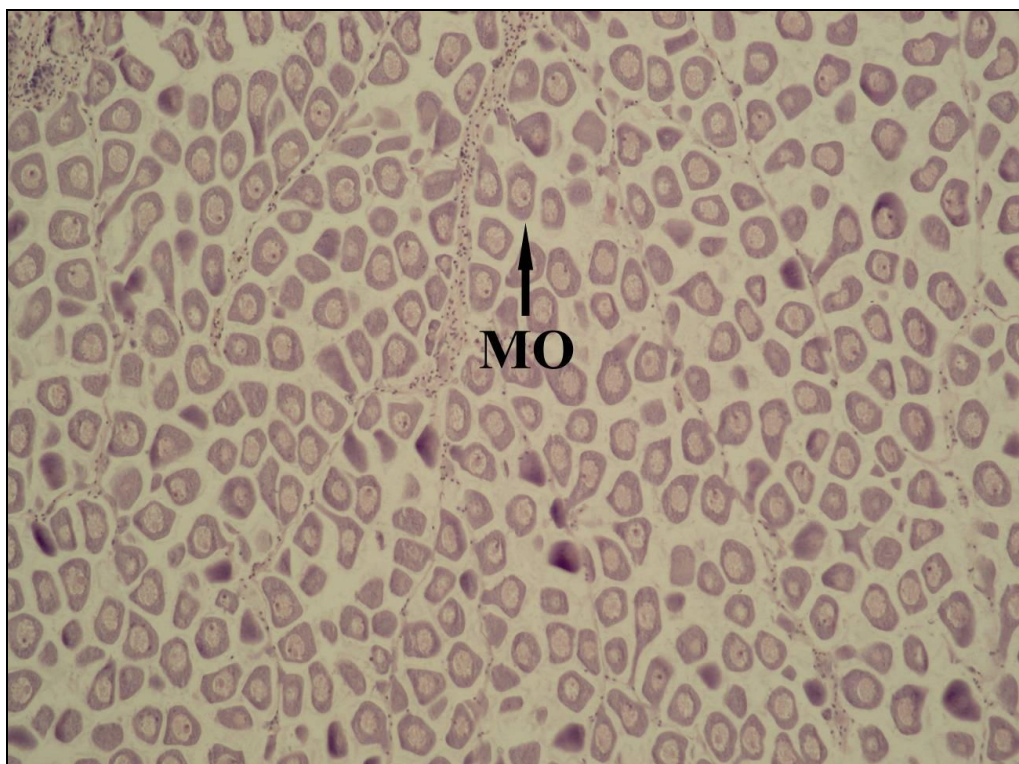
Slika 4.3.5. Histološki prerez gonade mužjaka brbavice *Venus verrucosa*: izmriješteni stadij. EM – prazni prostor; skala 500 μm .



Slika 4.3.6. Histološki prerez gonade ženke brbavice *Venus verrucosa*: rano sazrijevanje; OOG – oogonija; skala 500 μm .



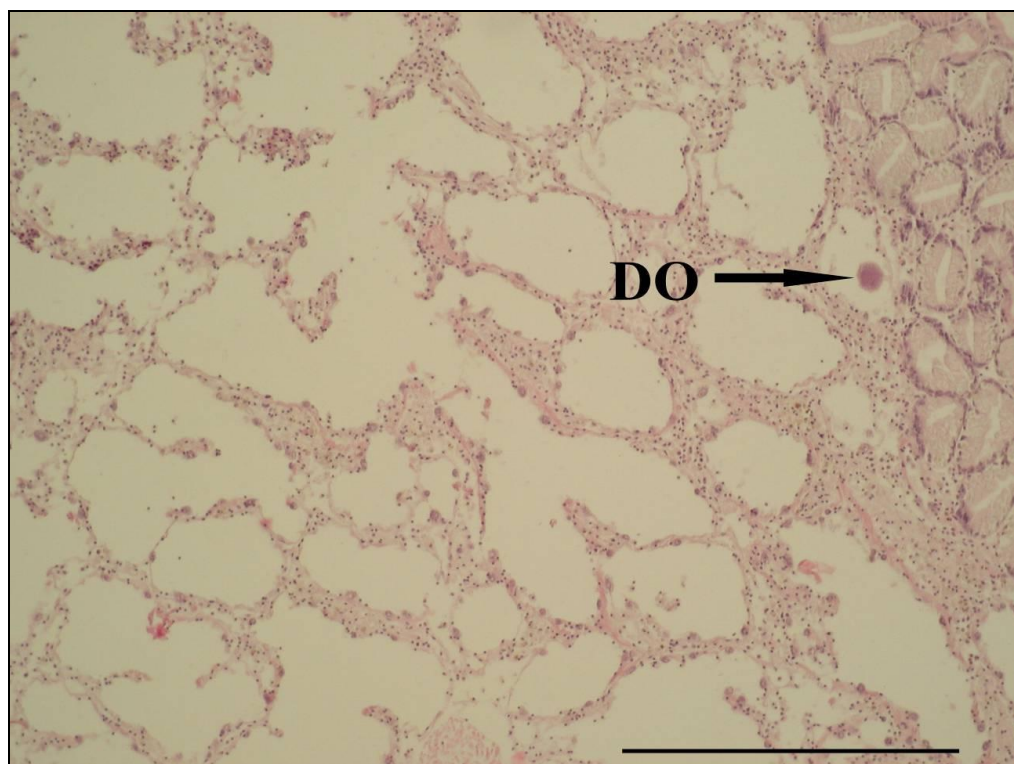
4.3.7. Histološki prerez gonade ženke brbavice *Venus verrucosa*: kasno sazrijevanje; PVO – previtelogene oocite; VO – vitelogeni oociti; skala 500 μm .



Slika 4.3.8. Histološki prerez gonade ženke brbavice *Venus verrucosa*: zreli stadij; MO – zrele oocite; skala 500 μm .



Slika 4.3.9. Histološki prerez gonade ženke brbavice *Venus verrucosa*: djelomično izmriješteni stadij; EM – prazni prostor; skala 500 μm .

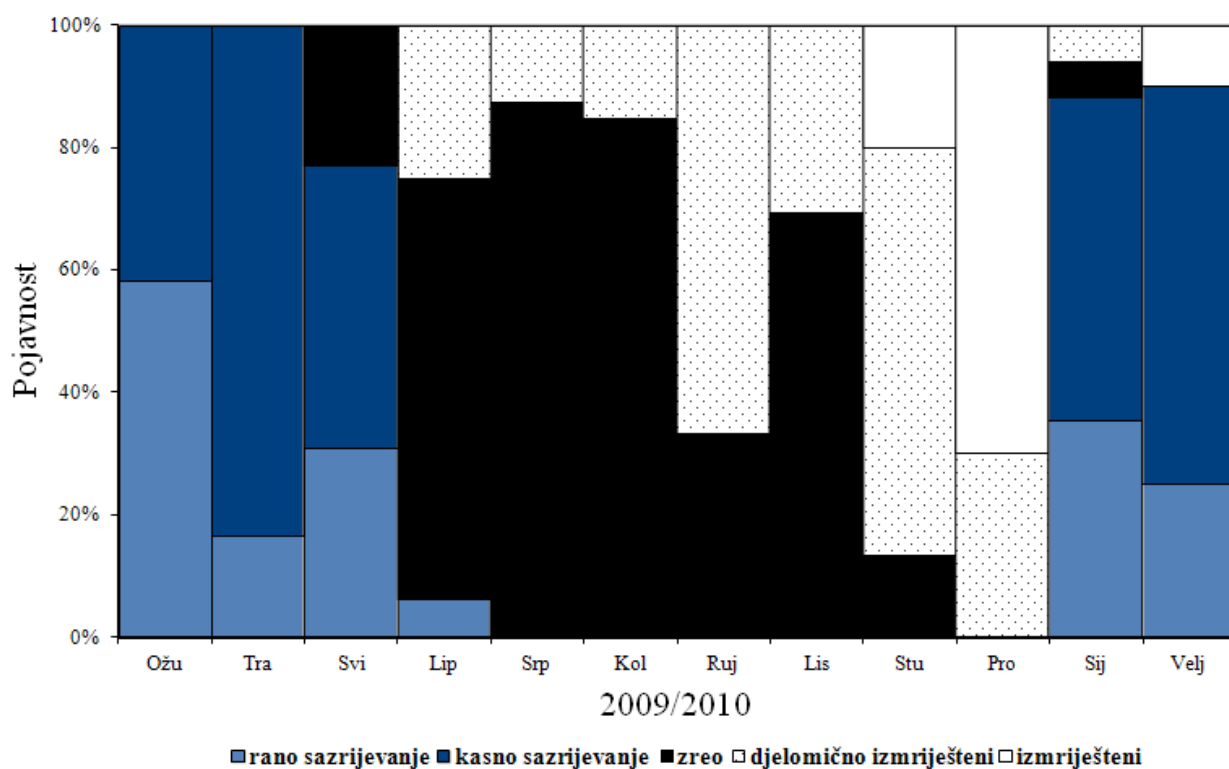


Slika 4.3.10. Histološki prerez gonade ženke brbavice *Venus verrucosa*: izmriješteni stadij; DO – degenerativni oociti; skala 500 μm .

Kvalitativnom histološkom analizom utvrdili smo da je reproduktivni ciklus brbavice *V. verrucosa* kontinuiran te pokazuje neprekidnu gametogenetsku aktivnost koja se protezala tijekom cijelog razdoblja istraživanja, od ožujka 2009. godine do veljače 2010. godine. Obrasci razvoja su bili istovjetni kod mužjaka i ženki, sa samo nekoliko primijećenih razlika. Gametogeneza je kod ženki započela početkom siječnja 2010. godine (Tablica 4.3.1.; Slika 4.3.11.) gdje je više od 35% ženki bilo u stadiju ranog sazrijevanja te 53% u stadiju kasnog sazrijevanja. Od siječnja do travnja gonade ženki prolaze od ranog do kasnog stadija sazrijevanja gonada. Prve zrele ženke, u postotku od samo 23%, javljaju se u svibnju, mjesec dana prije prvih zrelih mužjaka. Mrijest se kod ženki javlja od lipnja do studenog s najvišim otpuštanjem oocita od kolovoza do rujna, i od listopada do studenog. Gametogeneza kod mužjaka također započinje u siječnju (Tablica 4.3.2.; Slika 4.3.12.) s 24% mužjaka u stadiju ranog sazrijevanja te 77% jedinki u stadiju kasnog sazrijevanja. Gonade mužjaka također prolaze stadije ranog i kasnog sazrijevanja od siječnja do travnja, ali prvi zreli stadiji gonada javljaju se u lipnju (64%). Najintenzivniji mrijest kod mužjaka javlja se od listopada do studenog. Gametogenetski razvoj kod oba spola započinje ubrzo nakon razdoblja mrijesta.

Tablica 4.3.1. Postotci po stadijima gonadnog razvoja kod ženki *Venus verrucosa* uzorkovanih u razdoblju od ožujka 2009. do veljače 2010. godine. Stadiji: 3 – rano sazrijevanje; 4 – kasno sazrijevanje; 5 – zreli; 2 – djelomično izmriješteni; 1 – izmriješteni.

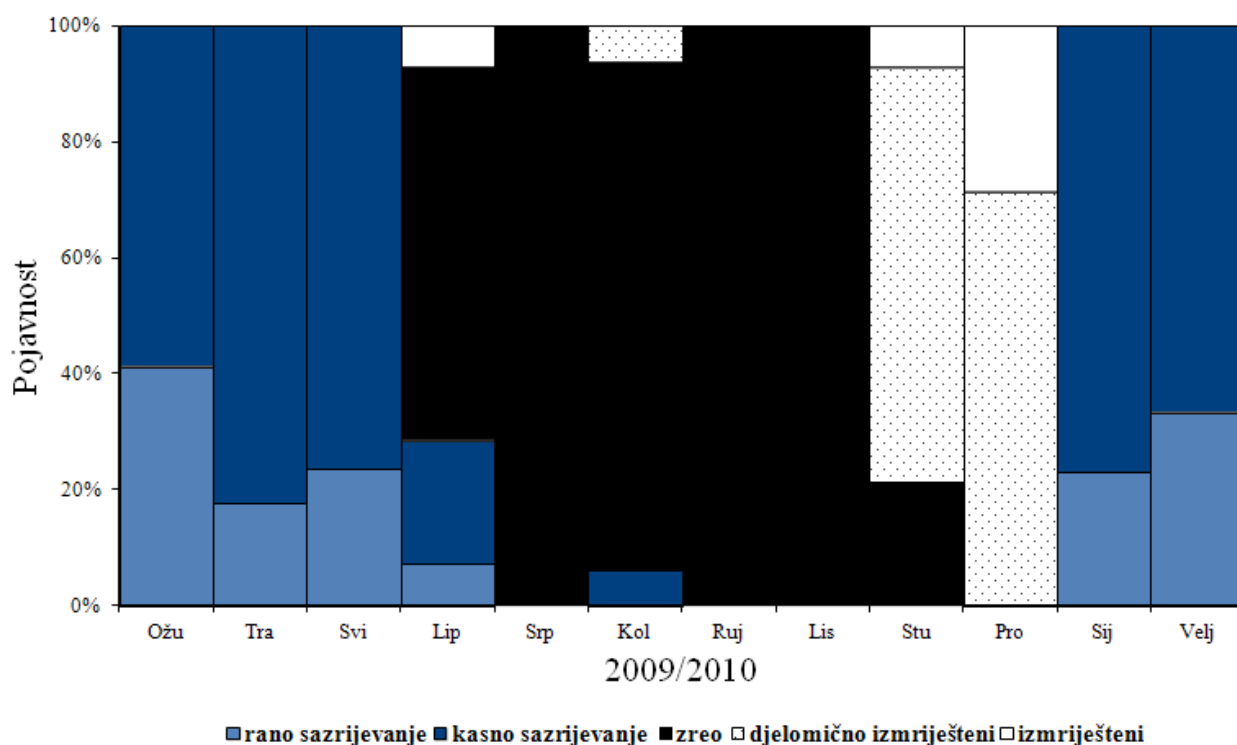
♀ Stadij	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	Lis	Stu	Pro	Sij	Velj
3	58	17	31	6	0	0	0	0	0	0	35	25
4	42	83	46	0	0	0	33	0	0	0	53	65
5	0	0	23	69	88	85	0	69	13	0	6	0
2	0	0	0	25	12	15	67	31	67	30	6	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	70	0	10



Slika 4.3.11. Pojavnost/relativna frekvencija (%) svake od pet razvojnih stadija kod jedinki brbavice *Venus verrucosa* ženskog spola u 2009. i 2010. godini.

Tablica 4.3.2. Postotci po stadijima gonadnog razvoja kod mužjaka *Venus verrucosa* uzorkovanih u razdoblju od ožujka 2009. do veljače 2010. godine. Stadiji: 3 – rano sazrijevanje; 4 – kasno sazrijevanje; 5 – zreli; 2 – djelomično izmriješteni; 1 – izmriješteni.

♂ Stadij	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	Lis	Stu	Pro	Sij	Velj
3	41	18	24	7	0	0	0	0	0	0	23	33
4	59	82	76	22	0	6	0	0	0	0	77	67
5	0	0	0	64	100	88	100	100	22	0	0	0
2	0	0	0	0	0	6	0	0	71	71	0	0
1	0	0	0	7	0	0	0	0	7	29	0	0



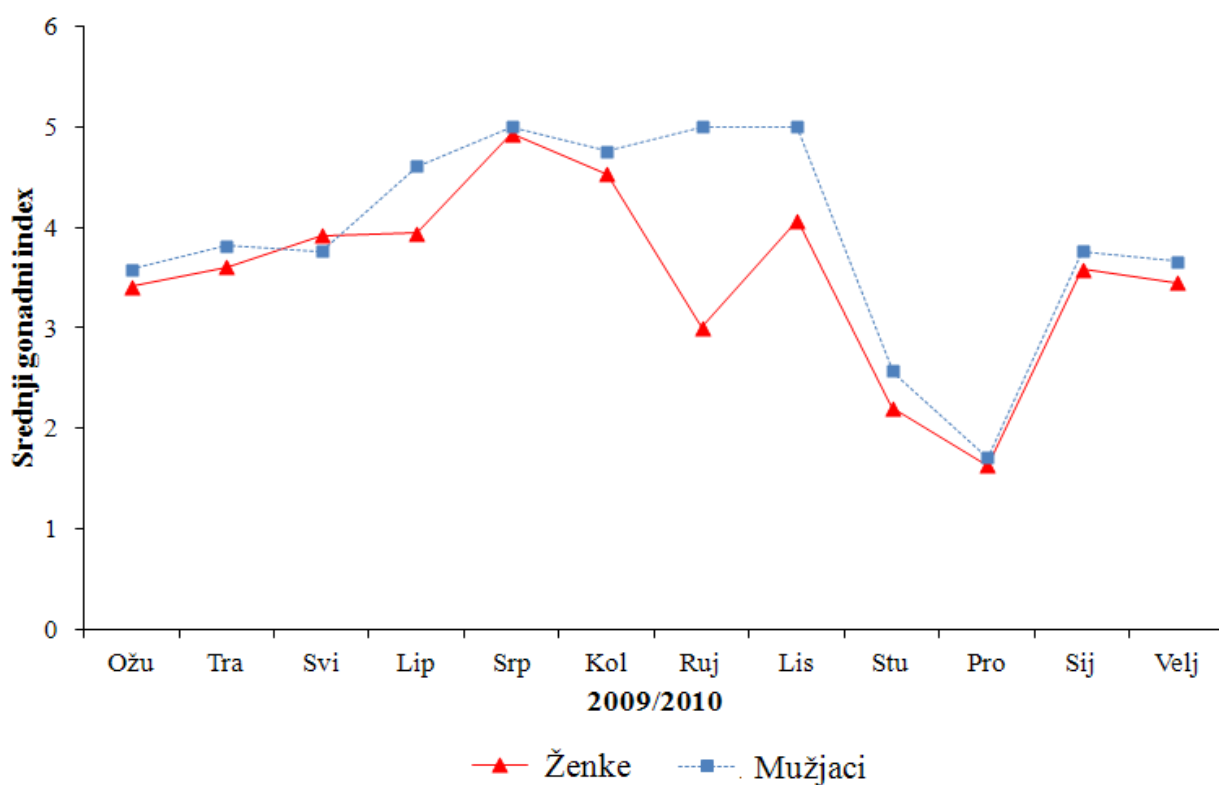
Slika 4.3.12. Pojavnost/relativna frekvencija (%) svake od pet razvojnih stadija kod jedinki brbavice *Venus verrucosa* muškog spola u 2009. i 2010. godini.

U tablici 4.3.3. možemo uočiti vrijednosti srednjeg gonadnog indeksa (SGI) za mužjake i ženke. Najviše vrijednosti srednjeg gonadnog indeksa ženki zabilježene su u razdoblju od svibnja (3,9) do listopada (4,1) 2009. godine. Srednji gonadni indeks mužjaka je bio najviši od lipnja (4,6) do listopada (5,0). Navedeno vrijeme najviših vrijednosti srednjeg gonadnog indeksa odgovara zrelim i djelomično izmriještenim stadijima. Pad vrijednosti srednjeg gonadnog indeksa pojavio se u studenom i prosincu te se podudara sa završetkom vremena mriješta (Slika 4.3.13.).

Srednji gonadni indeks mužjaka i ženki međusobno se prati s dvije razlike koje možemo uočiti na slici 4.3.13. gdje vidimo blagi pad SGI-ja kod ženki u lipnju (3,9) te naglo smanjenje SGI-ja u rujnu, s 4,5 na 3,0, dok srednji gonadni indeks mužjaka nije imao navedene varijacije. Između srednjeg gonadnog indeksa mužjaka i ženki pronađena je statistički značajna pozitivna korelacija ($r=0,83$, $p=0,001$).

Tablica 4.3.3. Srednji gonadni indeks za mužjake i ženke na postaji Resnik, Kaštelanski zaljev.

Godina	Mjesec	MGI Ženke	MGI Mužjaci
2009.	Ožujak	3,4	3,6
	Travanj	3,6	3,8
	Svibanj	3,9	3,8
	Lipanj	3,9	4,6
	Srpanj	4,9	5,0
	Kolovoz	4,5	4,8
	Rujan	3,0	5,0
	Listopad	4,1	5,0
	Studen	2,2	2,6
	Prosinac	1,6	1,7
2010.	Siječanj	3,6	3,8
	Veljača	3,5	3,7



Slika 4.3.13. Srednji gonadni indeks za mužjake i ženke na postaji Resnik, Kaštelanski zaljev.

—▲— srednji gonadni indeks za ženke; ---■--- srednji gonadni indeks za mužjake.

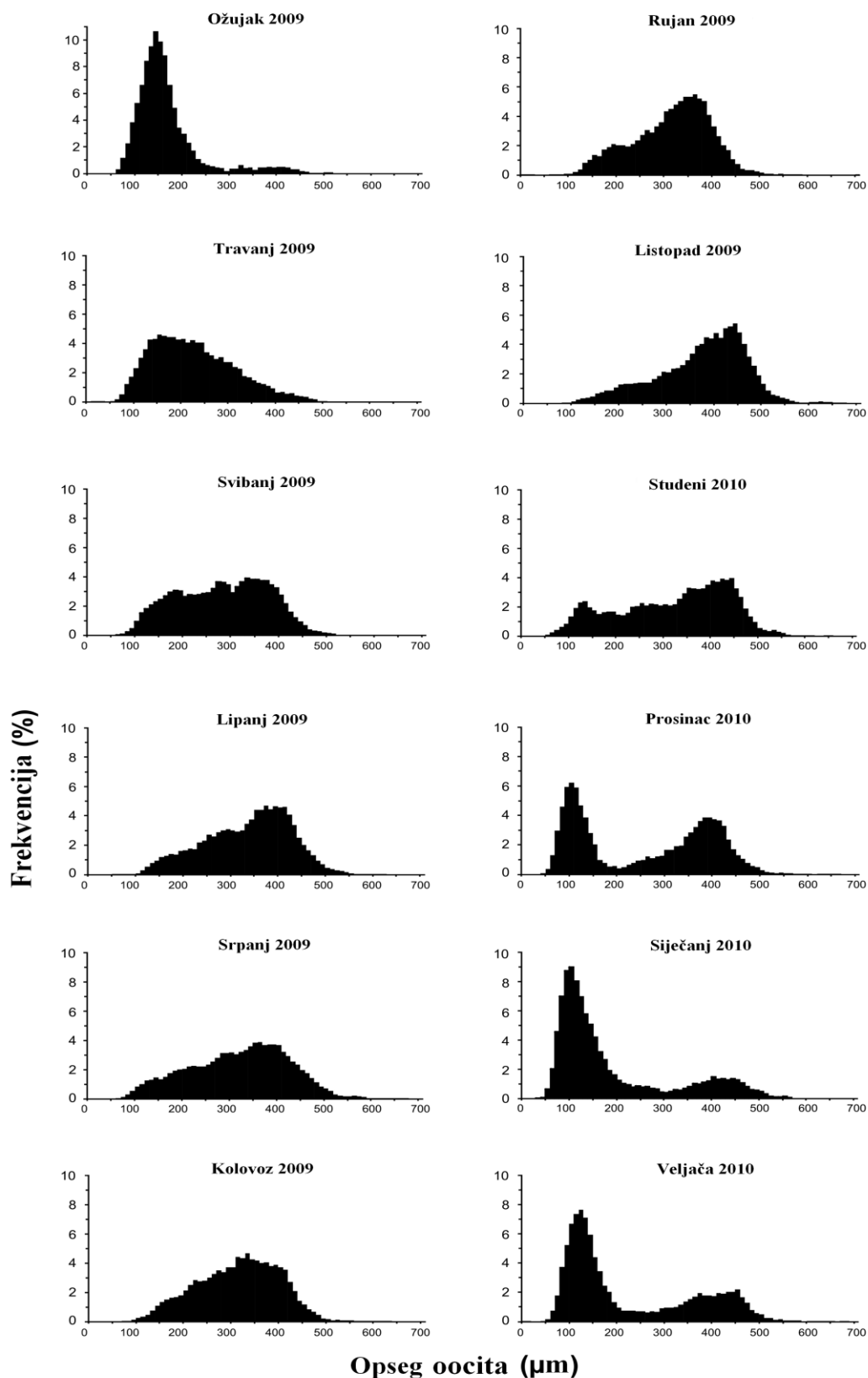
4.3.2. Kvantitativna histološka analiza

Izmjereni opseg oocita kretao se u rasponu od 2,8 μm u veljači 2010. godine do 836,4 μm u listopadu 2009. godine (Tablica 4.3.4.). Srednje mjesečne vrijednosti su se kretale od $163,7 \pm 72,4 \mu\text{m}$ u ožujku, do $370,6 \pm 95,2 \mu\text{m}$ u listopadu (Slika 4.3.14.). Vrijednosti srednjeg opsega oocita su se povećavale između ožujka ($163,7 \pm 72,4 \mu\text{m}$) i lipnja ($331,5 \pm 92 \mu\text{m}$). Nakon lipnja, raspodjela frekvencije opsega oocita ima relativno jednoličan obrazac do prosinca, ukazujući na relativno kontinuirani ciklus sazrijevanja i otpuštanja gameta. Najmanji broj oocita ($N=652$) izmjeren je u ožujku, dok je najveći broj oocita izmjeren u srpnju ($N=2.933$).

Viša pojavnost oocita s relativno malim opsegom u siječnju potvrđuje rezultate kvalitativne analize, u kojoj prilikom ranog sazrijevanja od siječnja do svibnja vidimo raspršene široke režnjeve s jednoslojnim malim oogonijima u razvoju. Male oogonije i zametne stanice pričvršćene su za stjenke okružene vezivnim tkivom. Smanjenje broja oocita od kolovoza do rujna, i od listopada do studenog, potvrđuje uzorak primijećen kod kvalitativne analize stadija reproduktivnog razvoja, gdje u djelomično izmriještenom i izmriještenom stadiju, koji traje otprilike od lipnja do studenog, vidimo samo nekoliko slojeva intersticijskog vezivnog tkiva i puno praznog prostora. Većina je oocita u postvitelogenoj fazi slobodna u lumenu folikula, a sadrže velike svijetle jezgre i male bazofilne stanice, a kroz studeni i prosinac uočava se rahlo i posve prazno vezivno tkivo oko praznih folikula i nekolicina degeneriranih oocita, dok su stjenke folikula već razgrađene fagocitozom.

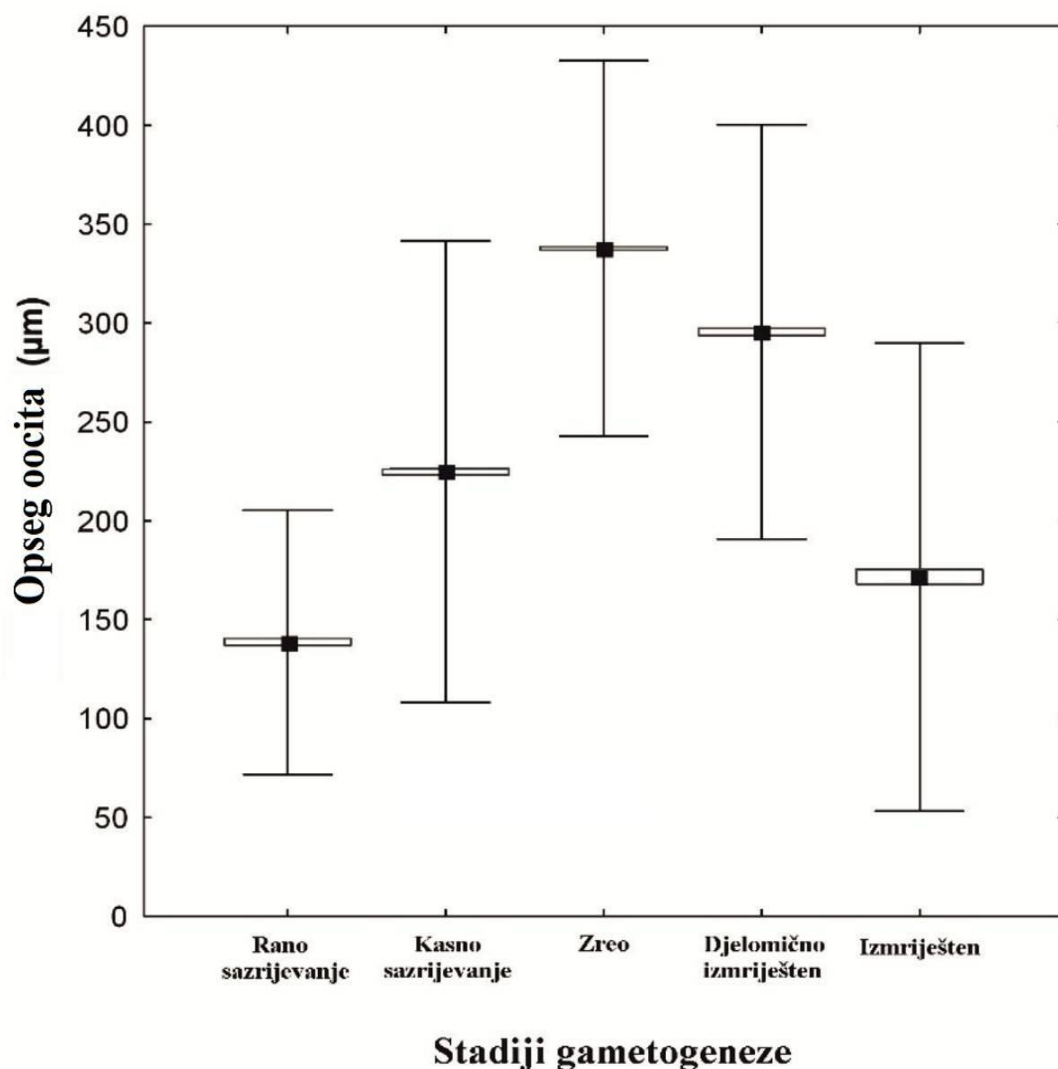
Tablica 4.3.4. Izmjereni opseg oocita kod ženki brbavice *Venus verrucosa* uzorkovanih mjesečno na postaji Resnik, Kaštelanski zaljev. N – broj izmjerenih oocita; X (μm) $\pm$ SD – srednja veličina oocita sa standardnom devijacijom; min (μm) – minimalna veličina oocita; max (μm) – maksimalna veličina oocita.

Godina	Mjesec	N	X (μm) $\pm$ SD	Min (μm)	Max (μm)
2009.	Ožujak	652	163,7 $\pm$ 72,4	68,2	510,2
	Travanj	1.530	221,9 $\pm$ 86,8	16,91	500,0
	Svibanj	1.253	278,3 $\pm$ 92,8	70,7	509,7
	Lipanj	2.407	331,5 $\pm$ 92,0	61,9	620,3
	Srpanj	2.933	315,6 $\pm$ 104,6	67,8	670,5
	Kolovoz	2.707	310,7 $\pm$ 86,7	81,4	630,0
	Rujan	1.791	309,2 $\pm$ 84,2	8,5	708,4
	Listopad	2.653	370,6 $\pm$ 95,2	93,2	836,3
	Studen	1.615	316,4 $\pm$ 117,8	56,6	646,4
	Prosinac	1.578	253,8 $\pm$ 138,7	47,1	661,8
2010.	Siječanj	1.937	184,7 $\pm$ 125,0	42,6	563,9
	Veljača	1.993	222,9 $\pm$ 136,4	2,8	676,0



Slika 4.3.14. Histogrami veličinskih frekvencija opsega svih izmjerenih oocita (μm) kod ženki brbavice *Venus verrucosa* uzorkovane u razdoblju od ožujka 2009. do veljače 2010. godine na postaji Resnik, Kaštelanski zaljev.

Najmanje oocite su zabilježene kod jedinki u stadiju ranog sazrijevanja ($138,0 \pm 66,8 \mu\text{m}$), dok su najveće oocite zabilježene u zreлом stadiju ($337,7 \pm 94,8 \mu\text{m}$) i kod djelomično izmriještenih jedinki ($295,6 \pm 104,6 \mu\text{m}$) (Slika. 4.3.15.).



Slika 4.3.15. Srednji opseg oocita u odnosu na svaki stadij gonadnog razvoja. Centralni crni kvadrat označava srednji opseg oocita, kvadratni okvir označava standardnu grešku, a bočne linije označavaju raspon standardne devijacije.

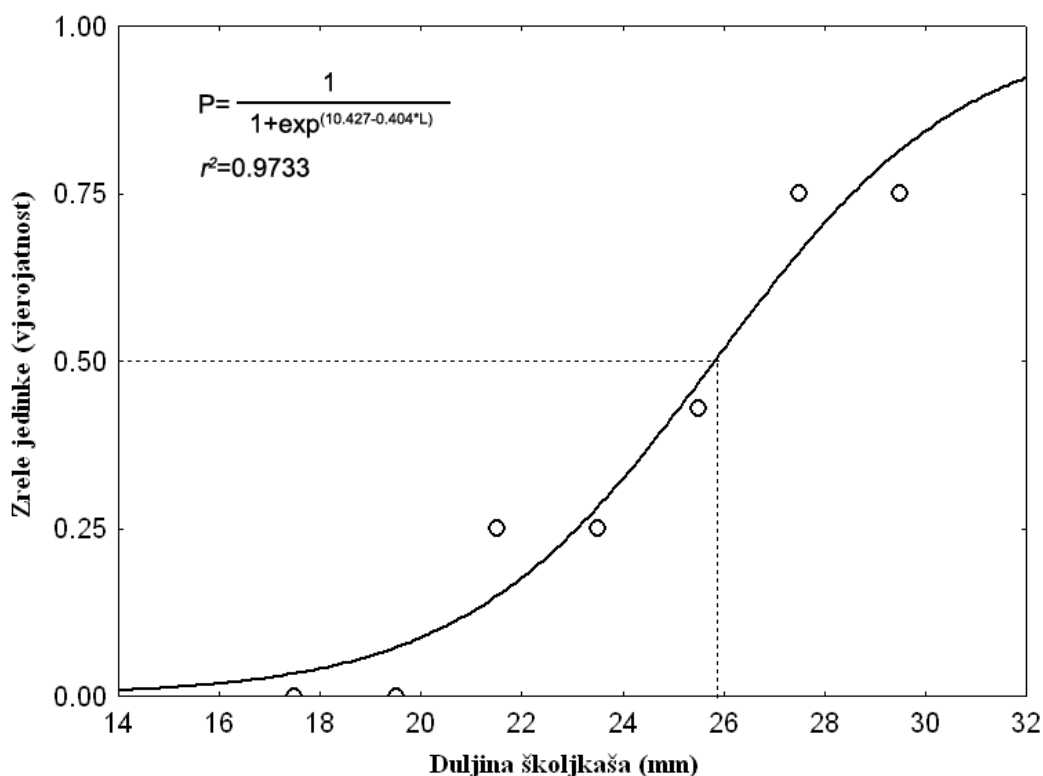
4.3.3. Prva spolna zrelost

Histološka analiza s ciljem određivanja prve spolne zrelosti provedena je na gonadnom tkivu manjih jedinki školjkaša brbavice *Venus verrucosa* (N=30). U dodatnom uzorku manjih jedinki brbavice *V. verrucosa* prikupljenih u Kaštelanskom zaljevu u lipnju 2009. godine, bilo je pet ženki raspona duljina od 25,1 do 29,5 mm i šest mužjaka raspona duljina od 21,8 do 27,9

mm, dok je ostatak od 19 analiziranih jedinki imao raspon duljina od 16,8 do 28,1 mm te su bili spolno nezreli (Tablica 4.3.5.). Procijenjena duljina, pri kojoj je 50% analiziranih jedinki bilo spolno zrelo, iznosila je 25,8 mm (Slika 4.3.16.).

Tablica 4.3.5. Male jedinke školjkaša *Venus verrucosa* prikupljene u lipnju 2009.godine. Stadiji gonada: (0) – neaktivni; (1) – izmriješteni; (2) – djelomično izmriješteni; (3) – rano sazrijevanje; (4) – kasno sazrijevanje; (5) – zreli.

ID	Dužina (mm)	Spol	Stadij gonada (0 – 5)	Komentar
1	25,4	mužjak	5	
2	24,3	nezrela	0	
3	23,1	nezrela	0	
4	16,8	nezrela	0	
5	17,7	nezrela	0	
6	28,7	ženka	4	
7	27,4	ženka	4	
8	19,3	nezrela	0	
9	24,4	-	-	nema gonadnog tkiva
10	24,9	nezrela	0	
11	21,3	nezrela	0	
12	24,7	nezrela	0	
13	25,1	ženka	4	
14	26,1	nezrela	0	
15	20,8	nezrela	0	
16	16,4	-	-	nema gonadnog tkiva
17	17,8	nezrela	0	
18	22,8	nezrela	0	
19	22,3	nezrela	0	
20	21,6	nezrela	0	
21	21,8	mužjak	3	
22	26,1	mužjak	3	
23	23,4	mužjak	4	
24	29,1	ženka	5	
25	29,5	ženka	5	
26	27,9	mužjak	3	
27	25,0	nezrela	0	
28	28,1	nezrela	0	
29	22,6	-	-	nema gonadnog tkiva
30	24,4	mužjak	4	



Slika 4.3.16. Duljina školjkaša *Venus verrucosa* prilikom prve spolne zrelosti. Udio zrelih jedinki u lipnju 2009. godine u odnosu na duljinu školjkaša (mm).

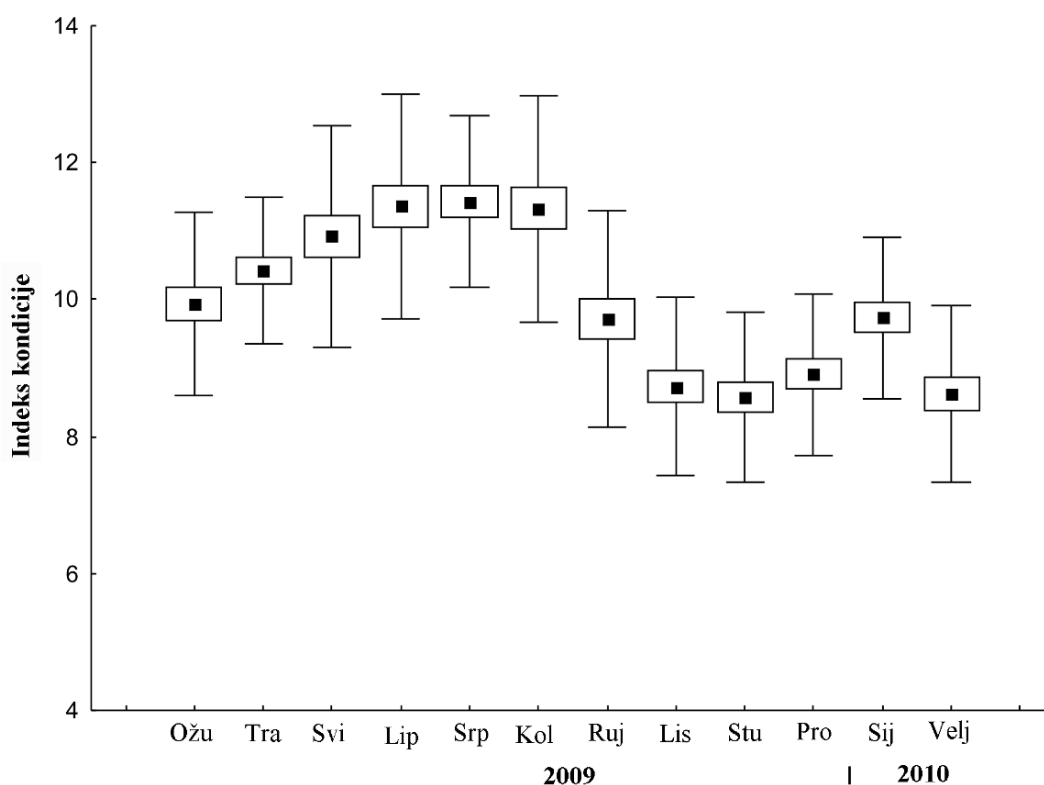
4.4. Analiza indeksa kondicije brbavice *Venus verrucosa*

Minimum srednje mjesečne vrijednosti indeksa kondicije izmjeren je u studenom 2009. godine ($8,57 \pm 1,25$), dok je najviša srednja mjesečna vrijednost indeksa kondicije zabilježena u srpnju ($11,42 \pm 1,25$) iste godine (Tablica 4.4.1.). Visoke vrijednosti indeksa kondicije uočene su u razdoblju od ožujka do kolovoza što odgovara vremenu aktivacije gonada, dok su niže vrijednosti pronađene od rujna do veljače što se slaže s vremenom mrijesta i reapsorpcije gonada (Slika 4.4.1.).

Također, statistički pozitivna korelacija zabilježena je između pridnene temperature i srednjeg gonadnog indeksa ženki te između indeksa kondicije i srednjeg gonadnog indeksa kod mužjaka (Tablica 4.4.2.).

Tablica 4.4.1. Sezonske varijacije indeksa kondicije kod brbavice *Venus verrucosa*.

Godina	Mjesec	N	$\bar{X} \pm SD$	Min	Max
2009.	Ožujak	30	$9,93 \pm 1,34$	6,91	12,14
	Travanj	30	$10,42 \pm 1,06$	7,80	12,55
	Svibanj	30	$10,92 \pm 1,61$	7,34	14,20
	Lipanj	30	$11,36 \pm 1,63$	7,58	14,68
	Srpanj	30	$11,42 \pm 1,25$	9,52	14,75
	Kolovoz	30	$11,33 \pm 1,65$	8,83	16,03
	Rujan	30	$9,71 \pm 1,57$	7,72	13,31
	Listopad	30	$8,73 \pm 1,30$	5,77	11,90
	Studen	30	$8,57 \pm 1,25$	6,01	10,83
	Prosinac	30	$8,91 \pm 1,17$	6,39	11,63
2010.	Siječanj	30	$9,74 \pm 1,18$	7,54	11,71
	Veljača	30	$8,62 \pm 1,27$	4,42	10,61



Slika 4.4.1. Sezonske varijacije indeksa kondicije kod brbavice *Venus verrucosa*. Vrijednosti centralnih crnih kvadrata su srednjaci (■), kvadratni okviri označavaju standardnu grešku (□), dok bočne linije predstavljaju standardnu varijaciju ($\pm$).

U Tablici 4.4.2. prikazani su rezultati Pearsonove korelacije indeksa kondicije, srednjeg gonadnog indeksa prema spolu, temperaturi i salinitetu. Statistički značajna pozitivna korelacija pronađena je samo između indeksa kondicije i srednjeg gonadnog indeksa kod mužjaka. Zatim, između srednjeg gonadnog indeksa mužjaka i ženki te između srednjeg gonadnog indeksa ženki i temperature.

Tablica 4.4.2. Rezultati analize Pearsonove korelacije. Statistički značajne vrijednosti su označene izraženo crno.

	Indeks kondicije	SGI mužjaci	SGI ženke	Temperatura (°C)
SGI mužjaci	r=0,698 P=0,012			
SGI ženke	r=0,517 P=0,085	r=0,830 P=0,001		
Temperatura (°C)	r=0,482 P=0,113	r=0,459 P=0,133	r=0,599 P=0,040	
Salinitet	r=-0,181 P=0,573	r=-0,187 P=0,561	r=0,094 P=0,772	r=0,540 P=0,070

4.5. Analiza izlova brbavice *Venus verrucosa*

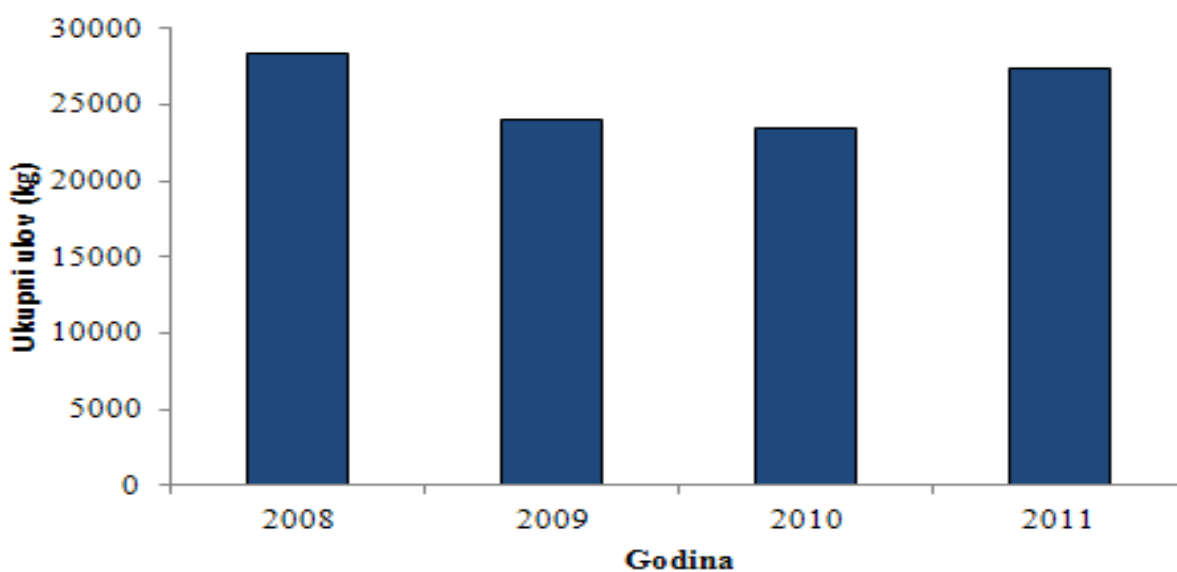
Prilikom obrade podataka o izlovu brbavice *Venus verrucosa* provedena je analiza podataka o količini ulova brbavice *V. verrucosa* te usporedba s ulovnim količinama drugih vrsta školjkaša. Podatci su prikupljeni pomoću očevidnika o ulovu u gospodarskom ribolovu na moru i izvješća o ulovu, za razdoblje od 2008. do 2011. godine, od strane Uprave za ribarstvo, Ministarstva poljoprivrede. Analize ulova brbavice *V. verrucosa* uključuju analizu ulova po područnim jedinicama (Tablica 4.5.2.), po ribolovnim zonama (Tablica 4.5.3.) te analizu odnosa ulova brbavice prema svim ostalim zabilježenim, ulovnim, komercijalno važnim vrstama (Tablica 4.5.4.). U samim podacima postoji određen broj grešaka koje su u ukupnom ulovu ipak zanemarive s obzirom na to da se odnose samo na nekolicinu netočno ispunjenih očevidnika / izvješća ili pogreške prilikom unosa podataka u bazu podataka. Broj ovlaštenika ribolova koji su prikupljali brbavicu *V. verrucosa* na istočnom Jadranu od 2008. do 2011. godine je kolebao od

58 do 109 (Tablica 4.5.1.), a predmetna vrsta se uglavnom prikuplja metodom autonomnog ronjenja (Uprava za ribarstvo 2012, Vrgoč i sur. 2009).

Tablica 4.5.1. Broj ovlaštenika ribolova koji su sudjelovali u prikupljanju brbavice *Venus verrucosa* u hrvatskom dijelu Jadrana u razdoblju od 2008. do 2011. godine.

Godina	Broj ovlaštenika
2008	58
2009	76
2010	101
2011	109

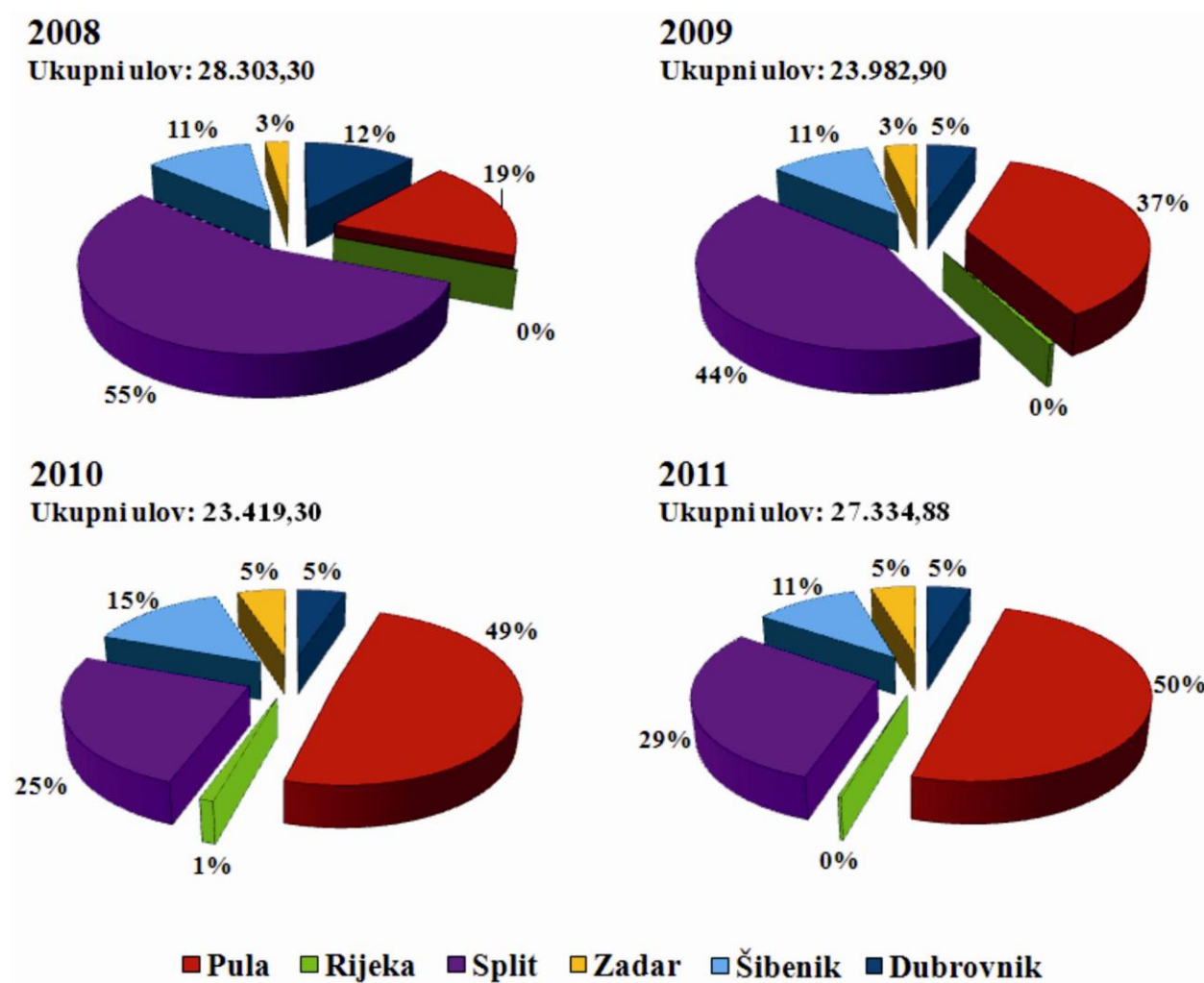
Ukupan godišnji ulov brbavice *V. verrucosa* po područnim jedinicama kretao se od 23.419 kg (2010. godina) do 28.303 kg (2008. godina; Slika 4.5.1.). U 2008. i 2009. godini najviši ulov, od ukupnog ulova brbavice, bio je u područnoj jedinici Split (15.685 kg i 10.491 kg), a najniži u područnoj jedinici Rijeka (20 kg i 90 kg). Na slici 4.5.2. vidimo da je 55% u 2008. godini i 44% u 2009. godini od ukupnog ulova brbavice bilo ulovljeno u područnoj jedinici Split. U 2010. i 2011. godini najviši ulov brbavice *V. verrucosa* bio je u područnoj jedinici Pula (11.542 kg i 13.662 kg), gdje je 49% u 2010. godini i 50% u 2011. godini od ukupnog ulova ulovljeno na području područne jedinice Pula (Tablica 4.5.2., Slika 4.5.2.). Područne jedinice Zadar i Dubrovnik su obje godine imali po 5% od ukupnog ulova, a područna jedinica Šibenik 11 – 15%.



Slika 4.5.1. Ukupni prijavljeni godišnji ulov brbavice *Venus verrucosa* na istočnoj strani Jadrana od 2008. do 2011. godine.

Tablica 4.5.2. Godišnji ulov brbavice *Venus verrucosa* po područnim jedinicama (Dubrovnik, Pula, Rijeka, Split, Šibenik i Zadar) od 2008. do 2011. godine.

Broj	Područna jedinica	2008. Ulov (kg)	2009. Ulov (kg)	2010. Ulov (kg)	2011. Ulov (kg)
1	Pula	5.333,7	8.798,2	11.542,2	13.661,8
2	Rijeka	20,4	90,0	244,8	62,0
3	Zadar	688,5	822,0	1.181,0	1.277,0
4	Šibenik	3.190,0	2.540,6	3.365,0	2.968,2
5	Split	15.685,2	10.490,8	5.887,3	8.096,4
6	Dubrovnik	3.385,5	1.241,3	1.199,0	1.269,5
	Ukupno	28.303,3	23.982,9	23.419,3	27.334,9

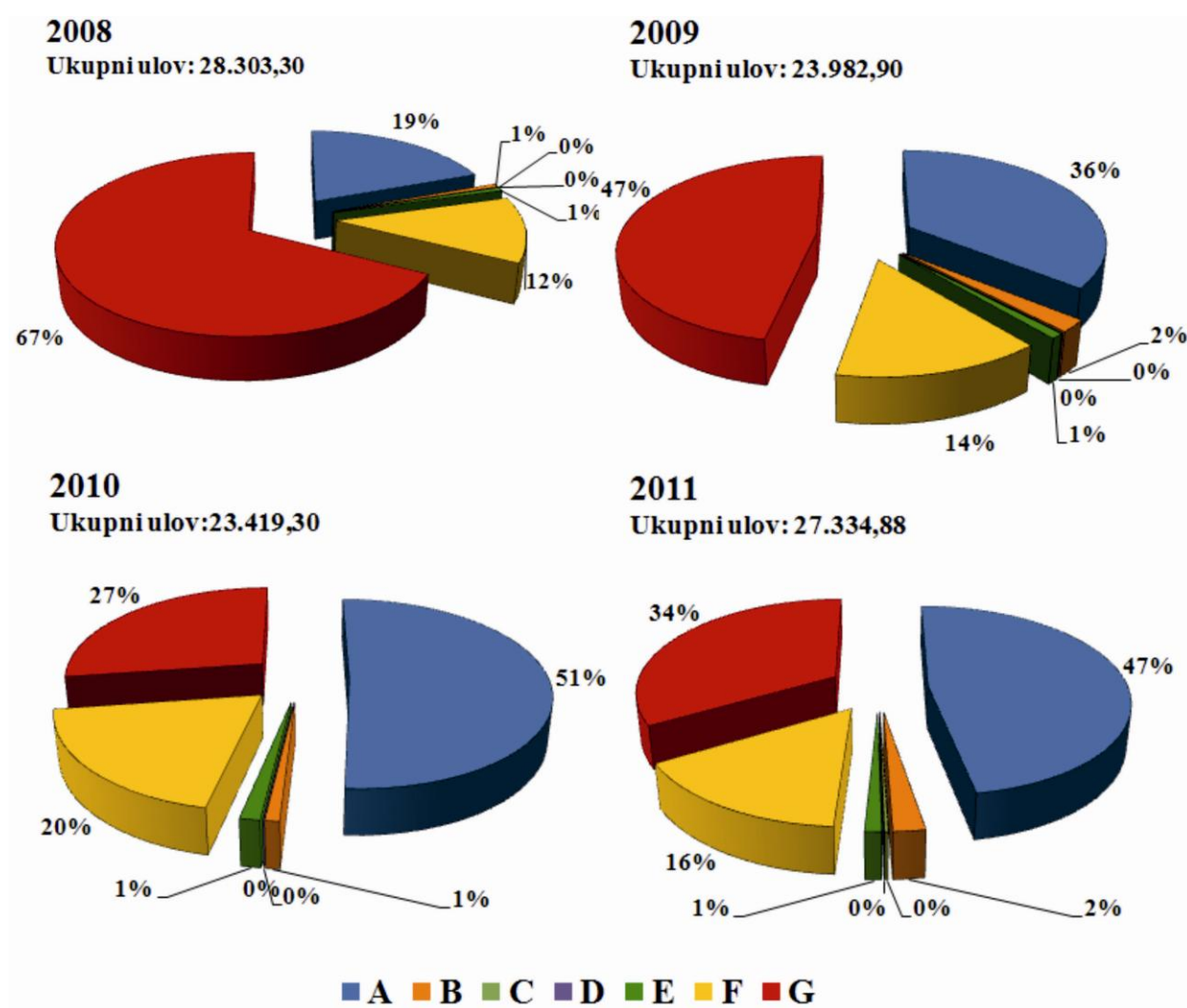


Slika 4.5.2. Godišnji postotci ulova brbavice *Venus verrucosa* po područnim jedinicama (Pula, Rijeka, Zadar, Šibenik, Split i Dubrovnik) od 2008. do 2011. godine.

Ulov brbavice *V. verrucosa* prema ribolovnim zonama bio je najviši u ribolovnoj zoni G gdje je u 2008. godini prikupljeno 67% od ukupnog ulova brbavice, dok je u 2009. godini taj postotak iznosio 47% (Tablica 4.5.3, Slika 4.5.3.). Najmanja ulovljena količina navedene vrste zabilježena je u ribolovnoj zoni E, 175 kg u 2008. godini i 214 kg u 2009. godini, što predstavlja samo 1% ukupnog ulova. U ribolovnoj zoni A vidimo porast ulova brbavice s 19% u 2008. godini na 51% u 2010. godini (11.926 kg ulova), dok je u 2011. godini u istoj zoni ulov bio 47% (12.935 kg). Na trećem je mjestu po ukupnom ulovu brbavice od 2008. do 2011. godine ribolovna zona F s po 12%, 14%, 20% i 16%, nakon čega slijede ribolovne zone B i E sa samo 1 – 2% ukupnog ulova.

Tablica 4.5.3. Godišnji ulov brbavice *Venus verrucosa* po ribolovnim zonama (A – G) od 2008. do 2011. godine.

Broj	Ribolovna zona	2008.	2009.	2010.	2011.
		Ulov (kg)	Ulov (kg)	Ulov (kg)	Ulov (kg)
1	A	5.304,2	8.599,2	11.926,2	12.934,8
2	B	175,0	502,5	229,0	587,0
3	C	-	-	-	66,0
4	D	-	-	-	1,0
5	E	169,9	214,0	319,8	306,0
6	F	3.261,3	3.389,6	4.554,5	4.281,7
7	G	18.482,7	11.277,6	6.389,8	9.158,4
Ukupno		28.303,3	23.982,9	23.419,3	27.334,9

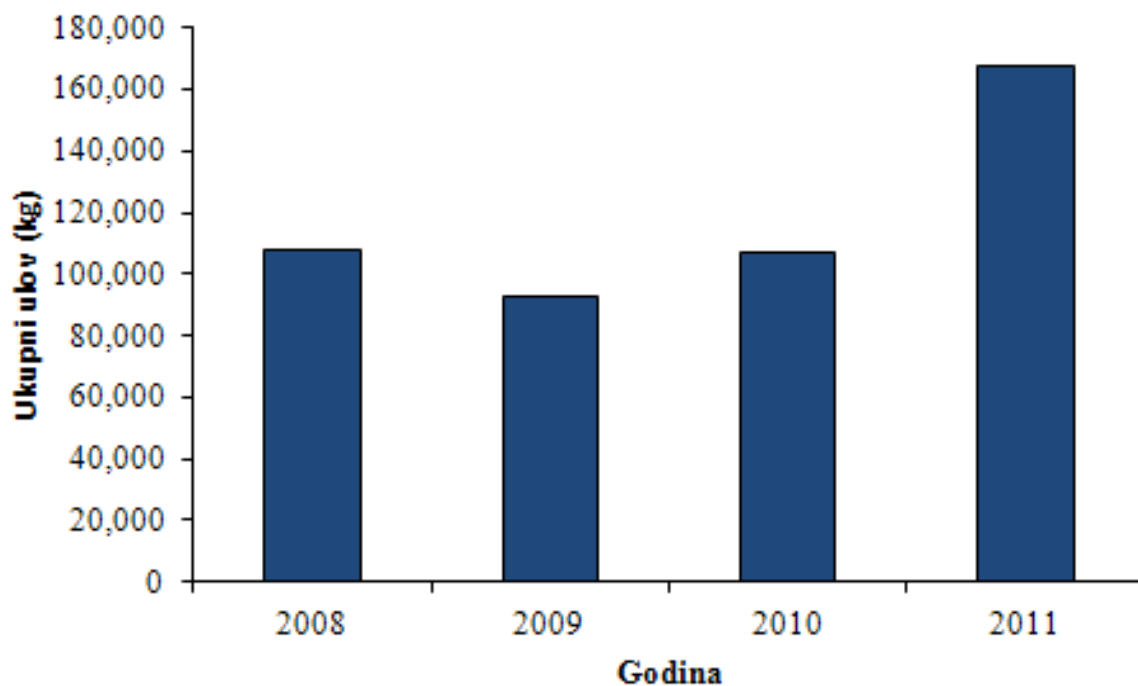


Slika 4.5.3. Godišnji postotci ulova brbavice *Venus verrucosa* po ribolovnim zonama (A – G) od 2008. do 2011 godine.

Analizirani su i uspoređeni podatci ulova brbavice *V. verrucosa* i ostalih deset svojti školjkaša za koje su podatci prikupljeni putem očevidnika / izvješća uključujući: dagnju (*Mytilus galloprovincialis*), jakovljevu kapicu (*Pecten jacobaeus*), kamenicu (*Ostrea edulis*), kokoš (*Chamelea gallina*), kućice (*Venerupis sp.*), kunjku (*Arca noae*), kapice (*Pectinidae sp.*) rumenku (*Callista chione*), malu kapicu (*Mimachlamys varia*), te glatku jakovljevu kapicu (*Flexopecten glaber*). U Tablici 4.5.4. su prikazani i podatci o ulovu školjkaša za koje nije navedena vrsta. Ukupan ulov svih vrsta školjkaša na istočnoj strani Jadrana kolebao je od 92.486 kg u 2009. godini do 167.152 kg u 2011. godini (Tablica 4.5.4.). U 2011. godini vidimo porast količine ukupnog ulova školjkaša za razliku od prethodne tri godine (Slika 4.5.4.)

Tablica 4.5.4. Godišnji ulov (kg) svih vrsta školjkaša uključujući brbavicu *Venus verrucosa* od 2008. do 2011. godine.

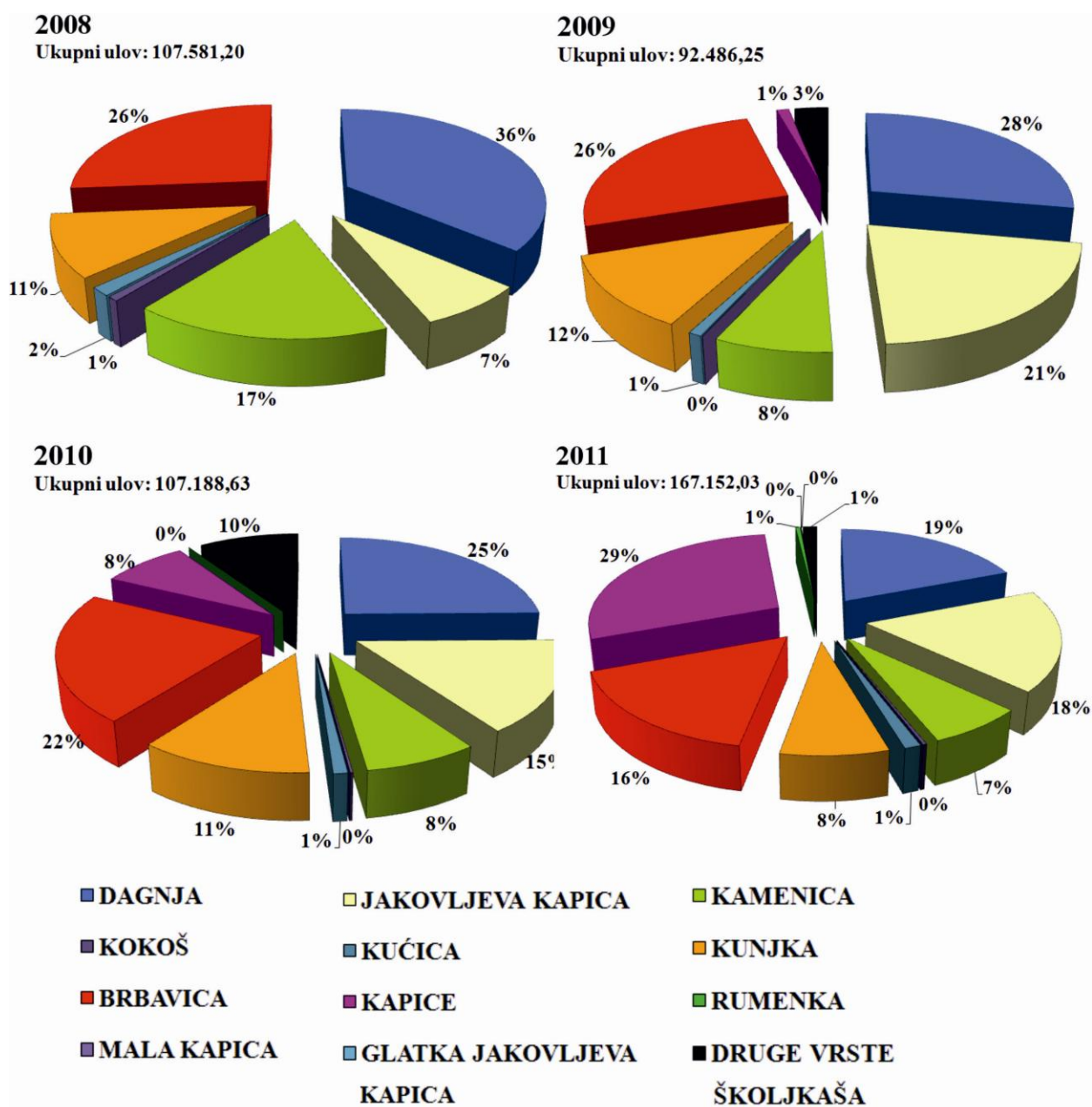
	Vrsta školjkaša	2008.	2009.	2010.	2011.
1	Dagnja	39.045,2	25.774,4	26.563,7	31.893,0
2	Jakovljeva kapica	8.010,8	19.758,4	16.531,9	29.995,3
3	Kamenica	18.447,2	7.083,2	8.120,1	11.507,1
4	Kokoš	811,9	12,5	205,5	474,1
5	Kućica	1.559,5	807,2	1.014,2	1.938,6
6	Kunjka	11.403,3	11.092,8	12.294,1	12.611,2
7	Brbavica	28.303,3	23.982,9	23.419,3	27.334,9
8	Kapica	-	1.072,0	8.831,4	48.229,9
9	Rumenka	-	-	16,0	763,0
10	Mala kapica	-	-	-	47,6
11	Glatka jakovljeva kapica	-	-	-	25,0
12	Ostali školjkaši	-	2.902,9	10.192,4	2.332,4
	Ukupno	107.581,2	92.486,3	107.188,6	167.152,0



Slika 4.5.4. Ukupni godišnji ulov školjkaša na istočnoj strani Jadrana od 2008. do 2011. godine.

U 2008. godini najviše se prikupljala dagnja koja obuhvaća 36% ukupnog ulova s 39.045 kg, dok je brbavica odmah iza nje s 26%, odnosno 28.303 kg ulova. Nakon brbavice najviše su se prikupljale kamenica sa 17%, kunjka s 11% i jakovljeva kapica sa 7% od ukupnog ulova koji je te godine iznosio 107.581 kg. U 2009. godini zabilježen je porast ulova jakovljeve kapice za 15% i kunjke za 1% te smanjenje ulova dagnje na 28% i kamenice na 8%, dok je ulov brbavice u odnosu na ulov drugih vrsta školjkaša ostao na istoj razini te je zabilježena i kapica.

U 2010. godini količinski je ulov dagnje i brbavice ostao nepromijenjen s 25% i 22% od ukupnog ulova te je evidentirana i rumenka. U 2011. godini se ulov jakovljeve kapice gotovo udvostručio sa 16.532 kg na 29.995 kg te su zabilježene dvije vrste; mala kapica i glatka jakovljeva kapica koje iznose oko 1% ulova. Na pita grafu također vidimo da je u 2011. godini ulov kapice narastao na 29% ukupnog ulova, što je količinski čak 48.230 kg. U 2011. godini ulov brbavice je iznosio 16% od ukupnog ulova s 27.335 kg što je otprilike jednaka količina kao i u 2008. godini.



Slika 4.5.5. Godišnji postotci prijavljenog ulova brbavice *Venus verrucosa* u usporedbi s ostalim vrstama školjkaša od 2008. do 2011. godine prema podacima iz očevidnika / izvješća.

5. RASPRAVA

Školjkaši u sedentarnom dijelu životnog ciklusa izvrstan su materijal za populacijska istraživanja iz razloga što njihova ljuštura osigurava dugotrajan zapis prethodnog života organizma te preko statističke analize daje dinamička obilježja određene populacije (Dame, 1996). Životni ciklus populacije najčešće se uzima kao biološko svojstvo zato što populacija raste, diferencira se i održava upravo kao i individualni organizam (Odum, 1983). Populacijska svojstva su zajednička samo jednoj populaciji, uključuju i starosnu strukturu te odražavaju ekologiju vrste i mogu osigurati informacije o prostornim i vremenskim aspektima okoliša (Cerrato, 1980). Kada populacija opstaje u pogodnom okolišu bez prostornog ograničenja, nedostatka hrane, visoke predacije ili nepovoljnih okolišnih uvjeta, specifična stopa rasta (stopa rasta po jedinki) populacije je konstanta te maksimalna za specifične uvjete. Navedena stopa rasta je specifična za određenu starosnu strukturu populacije te predstavlja veličinski indeks populacijskog rasta (Odum, 1983). Veličina populacije u pojmovima brojeva je funkcija ulaza i izlaza jedinki u toj populaciji.

U ovom istraživanju je predstavljena dinamika populacije brbavice *Venus verrucosa* ispitivanjem populacijskih procesa, kao što su rast i razmnožavanje, jer svaki od njih utječe na produkciju školjkaša te je njihovo razumijevanje važno za određivanje uloge ovih životinja u ekosustavu (Dame, 1996). Rast je jedan od najčešće korištenih mjera vitalnosti organizma u danom okolišu, a preko prstenova rasta na prerezima ljuštura brbavice *V. verrucosa* dobili smo stope rasta i starost školjkaša. Poznavanje parametara rasta je bitno za razumijevanje biologije i produktivnosti školjkaša, a istraživanje stope vitalnosti (osobito rasta) je neophodno za modeliranje populacijske dinamike, koja je za uzvrat, ključna kao potpora iskorištavanju i gospodarenju vrstom (Laudien i sur. 2003; Peharda i sur. 2007) te bitna za predlaganje učinkovitih mjera zaštite vrste (Katsanevakis, 2007). Stope rasta također ukazuju na vrijeme potrebno da bi se postigla određena prodajna veličina školjkaša (Urban, 2000), a odnos između veličine i starosti je bitan da bi se primjenile odgovarajuće strategije gospodarenja (Keller i sur. 2002).

Rast i starost školjkaša te uloga okolišnih čimbenika u kontroliranju polaganja ljuštore je dokumentirana u brojnim prethodnim istraživanjima, korištenjem metoda vanjskih prstenova rasta, unutrašnjih godišnjih prstenova rasta te unutarnjih mikro linija rasta koji se stvaraju s obzirom na razdoblja plime i oseke (Richardson, 2001). Kod nekih vrsta Veneridae dokumentirani su godišnji vanjski i unutrašnji prstenovi rasta kao kod vrsta *Callista chione* i *Chamelea gallina* (Ramon & Richardson 1992; Moura i sur. 2009; Ezgeta-Balić i sur. 2011).

Vrijeme formiranja unutrašnjih prstenova rasta kod vrste *C. chione* u sjevernom Jadranu prema Hall i sur. (1974) je između srpnja i listopada, u srednjem Jadranu prema Ezgeta-Balić i sur. (2011) za vrijeme ljetnog razdoblja, dok se na jugozapadnoj obali Portugala godišnje linije rasta stvaraju između rujna i siječnja (Moura i sur. 2009). Razlike u formiranju unutrašnjih prstenova rasta zabilježene su i kod drugih vrsta Veneridae. U Marmara moru (Turska) vrsta *C. gallina*, ima razdoblje sporijeg rasta između listopada i veljače (Deval, 2001), dok se na istočnoj obali mediteranske Španjolske linije rasta, koje predstavljaju razdoblja sporog rasta ljuštura formiraju između kolovoza i listopada (Ramón & Richardson 1992) kada su temperature mora maksimalne. U pokrajini Algarve, u južnom Portuglu, godišnji prstenovi sporog rasta na istoj se vrsti formiraju početkom jeseni, posebice u listopadu, što je indikativno povezano sa smanjenjem temperature morske vode i s gametogenskim ciklusom (Gaspar i sur. 2004).

U ovom istraživanju rast i starost brbavice *Venus verrucosa* određeni su metodom analize unutrašnjih godišnjih prstenova rasta na prerezima ljuštura školjkaša koja je moćan alat za istraživanje povijesti rasta pojedine jedinke te za određivanje njihove starosti (vidi Richardson, 2001). Sezona formiranja prstenova rasta varira s geografskom širinom. Južne populacije veneridne vrste *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758) s istočne obale Sjeverne Amerike formiraju prstenove rasta ljeti, dok kod sjevernih populacija prstenovi nastaju zimi (Richardson, 2001). Metoda analize unutrašnjih prstenova rasta je pouzdanija od metode brojanja vanjskih prstenova rasta, ali zahtjeva više vremena i stručnosti (Gosling, 2003). Kako je predočio Arneri i sur. (1998), kod brbavice *V. verrucosa* unutarnji prstenovi rasta koji se otkriju prilikom rezanja ljuštura od umba do ruba ljuštura su jasno vidljivi direktno na prerezima te daljnje procesuiranje ljuštura, kao npr. uklapanje u plastičnu Epofix smolu, nije potrebno. Prema Arneri i sur. (1998), brbavica *V. verrucosa* uzorkovana na jugozapadnom Jadranu i u Egejskom moru je formirala tamnu liniju rasta u razdoblju od srpnja do rujna, kada je temperatura mora kolebala u rasponu od 20°C do 26°C. Rezultati ovog istraživanja također pokazuju da se tamniji prstenovi rasta kod brbavice *V. verrucosa* formiraju jedanput godišnje u ljetnom, toplijem razdoblju unutar istog temperaturnog raspona. Zanimljivo je spomenuti da se formiranje godišnjih prstenova podudara s vremenom maksimuma mriješta brbavice *V. verrucosa* uzorkovane na istoj lokaciji te s razdobljem minimalne koncentracije klorofila *a* koji je prema Antoliću i sur. (2010, 2011) kolebao od 0,2 do 1,6 mg/m³. U budućim istraživanjima neophodan je opsežniji pristup kako bi se razlučila točno relativna važnost okolišnih čimbenika, kao što su visoka temperatura morske vode, niska fitoplanktonska produkcija i nedostatak kisika koji zajedno mogu pridonijeti sporijem rastu mediteranskih vrsta Veneridea tijekom ljetnog razdoblja.

Parametri von Bertalanffyjeve jednadžbe rasta zabilježeni u ovom istraživanju kod brbavice *V. verrucosa* su unutar raspona vrijednosti zabilježenih od strane drugih autora koji su koristili istu metodu analize (duljina pri određenoj starosti). Na temelju zabilježenih vrijednosti, Arneri i sur. (1998) su razlučili brzo i sporo rastuće populacije brbavice *V. verrucosa*. Populacije smještene u zaštićenim područjima s eutroficiranom vodom u zaljevu Manfredonia: L_{∞} = 54,1 mm; zaljevu Maliakos: L_{∞} = 54,2 mm i zaljevu Thessaloniki: L_{∞} = 52,1 mm, rasle su brže i postizale veće asimptotske veličine nego one iz nezaštićenih područja s vodom manje bogatom hranjivim tvarima. Sporo rastuće populacije u oligotrofnim nezaštićenim područjima su analizirane na lokaciji Bari (L_{∞} = 44,9 mm) i Alexandroupolis (L_{∞} = 43,4 mm). Istraživanje na sjevernom Jadranu (Stagličić i sur. 2012) je pokazalo da se grupe populacija na navedenom području nalaze na nižem kraju brzo rastuće grupe populacija s asimptotskom duljinom L_{∞} = 49,9 mm i phi-prime indeksom $\phi' = 2,91$. Kao što je indicirano vrijednostima phi-prime indeksa (ϕ') koje kolebaju u rasponu od 2,7 (Bari) do 3,0 (Zaljev Manfredonia) u prethodnim istraživanjima koja obuhvaćaju područja jugozapadnog i sjeveroistočnog Jadrana te Egejskog mora.

Prilikom provođenja kontroliranih eksperimenata rasta s tropskim vrstama *Tegillarca granosa* (Linnaeus, 1758) i *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) (Vakily, 1992) potvrđeno je da je phi-prime ϕ' parametar specifičan za pojedinu vrstu koji predstavlja cjelokupni fiziološki kapacitet organizma s genetički predodređenim faktorima. S ciljem vrednovanja dobivenih rezultata na širokom rasponu različitih vrsta školjkaša iz različitih klimatskih zona, vrijednosti phi-prime ϕ' su izvučene iz objavljenih parametara rasta za vrste predstavljene s najmanje četiri vrijednosti, a ukoliko je u literaturi bila dostupna samo jedna ili dvije vrijednosti po vrsti, bili bi kombinirani i dodani istom rodu. Na ovaj način dobiveno je 14 setova phi-prime ϕ' parametara za morske vrste školjkaša, obuhvaćajući 35 vrsta iz 117 stokova. Dobivene su frekvencije raspodjela phi-prime indeksa ϕ' sa srednjakom za određene vrste ili grupe vrsta. Da su phi-prime vrijednosti slične za istu vrstu i rod potvrdili su i Munro & Pauly (1983), Brey (1999) te Bellido i sur. (2000).

Za istočni Jadran kod veneridne vrste *Venerupis decussata*, Jurić i sur. (2012) su zabilježili vrijednosti indeksa rasta $\phi' = 2,89$ i $\phi' = 2,91$ koji su indicirali brzi rast istraživane populacije ove relativno kratko živuće vrste (oko 6 godina) s najintenzivnijim rastom za vrijeme prve dvije godine života. Usporedno, na ostalim dijelovima Mediterana zabilježene su vrijednosti u Araxos laguni gdje je najbrži rast bio s indeksom rasta $\phi' = 2,99$ (Chryssanthakopoulou & Kaspiris 2005), a populacija iz Urdaibai estuarija (Urrutia i sur. 1999) je imala sporiji rast s $\phi' = 1,78$. Na istočnoj strani Jadrana objavljena su istraživanja i na veneridnoj vrsti *C. chione* gdje su na četiri postaje uzorkovanja duž istočne obale Jadrana dobiveni rezultati indeksa rasta za otok Rab $\phi' = 3,12$; Paški zaljev $\phi' = 2,92$; Kaštelanski zaljev $\phi' = 2,88$ te za estuarij Cetine $\phi' = 3,33$

(Ezgeta Balić i sur. 2011). Školjkaši iz estuarija Cetine su imali najbrže stope rasta u usporedbi s ostalim područjima uzorkovanja gdje su postizali duljinu od 70 mm u prvih 7 godina života. Moura i sur. (2009) su pokazali da vrste roda *Callista* spp. imaju više stope rasta od ostalih veneridnih školjkaša. Phi-prime indeks $\phi'=3,17$ je s obzirom na obje metode određivanja starosti, površinske i unutarnjih prstenove rasta, sukladan s onim rezultatima prethodno zabilježenim za druge vrste *Callista* spp. populacija primjerice u Egejskom $\phi'=3,32$ (Metaxatos, 2004) te Tračkom moru $\phi'=2,97$ (Leontarakis & Richardson 2005). Za vrstu *C. gallina* na istočnoj strani Jadrana, estuarij Neretve, zabilježena je vrijednost phi-prime indeksa rasta od $\phi'=2,90$ (Arneri i sur. 1997), a na zapadnoj strani Jadrana, Ancona, zabilježena je slična vrijednost $\phi'=2,91$ (Arneri i sur. 1995).

U ovom su istraživanju dobivene vrijednosti phi-prime indeksa rasta kolebale u rasponu od $\phi'=2,80$ u Starigrad-Paklenici do $\phi'=2,85$ u Istri što je relativno slično rezultatima zabilježenim kod prethodnih autora. Rezultati procijenjenog rasta u istočnom Jadranu su na višem kraju sporo rastuće grupe, s izuzetkom Kaštelanskog zaljeva u kojem phi-prime indeks iznosi $\phi'=2,92$. Viša vrijednost phi-prime indeksa u Kaštelanskom zaljevu se može objasniti velikim brojem manjih jedinki koje su izlovljavane prilikom uzorkovanja zbog alata kojim je uzorkovanje izvršeno. Međutim, vrlo je važno navesti da je temeljeno na desetogodišnjem praćenju stanja okoliša (AZO, 2012) u Kaštelanskom zaljevu, ovo područje prirodno zaštićeno te ima visoki stupanj eutrofikacije. Viši indeks rasta je zabilježen u zatvorenim zaljevima, bogatim hranjivima (Kaštelanski zaljev, Malostonski zaljev) i područjima otvorenog mora (Istra), za razliku od oligotrofnih zatvorenih zaljeva kao što je Paški zaljev (zabilježena je niska koncentracija klorofila *a* od 0,15 do 0,60 mg/m³) (Antolić i sur. 2010, 2011; AZO, 2012). Općenito, rezultati ovog istraživanja pokazuju da brbavica *V. verrucosa* vjerojatno raste brže u područjima s visokim koncentracijama klorofila *a*, za vrijeme hladnije sezone i u područjima bogatima hranjivim tvarima. Dobiveni rezultati podupiru hipotezu, prethodno iznesenu i od strane Arneri i sur. (1998), o važnoj ulozi dostupnosti hrane prilikom određivanja stope rasta među populacijama iste vrste školjkaša koje žive unutar istog temperaturnog raspona (Pratt & Donald 1956, Ansell 1968).

Ovo istraživanje daje prve podatke o prosječnoj duljini školjkaša prilikom formiranja svakog od prstenova rasta na pet područja uzorkovanja u istočnom Jadranu. Prikazuje uočene vrijednosti duljina školjkaša prilikom formiranja prstenova rasta koji su relativno istovjetni na svim područjima uzorkovanja s glavnom iznimkom na uzorcima prikupljenim u Kaštelanskom zaljevu, što možemo pripisati velikom broju nedoraslih jedinki u uzorku. Prema ovom istraživanju, rast brbavice *V. verrucosa* je najintenzivniji za vrijeme prve tri do četiri godine

života kada školjkaš postiže dužinu od ~ 35 mm. Maksimalna duljina od 70 mm zabilježena za ovu vrstu na istočnom Jadranu u Zavodnik i Šimunović (1997), nije zabilježena ni na jednoj lokaciji uzorkovanja u ovom istraživanju. Tirado i sur. (2003) su u južnoj Španjolskoj u uzorku izmjerili jedinku dugu čak 76 mm. Valli i sur. (1988) su prilikom rada na istraživanju usmjerenom ka reprodukciji iznijeli i podatke o biometriji prema kojima su jedinke u Tršćanskom zaljevu bile u rasponu od 36 do 65 mm s prosječnom veličinom od 51 mm. Biometrijski podatci navedeni u ovom istraživanju s duljinom od 20 do 60 mm te prosječnom duljinom od 43 mm su nižeg raspona, što ukazuje na vjerojatno povećanje izlova školjkaša u odnosu na kasne 1980.-e. Kako su ta istraživanja provedena u vrijeme kada sakupljanje školjkaša iz prirodnih populacija nije bilo toliko raširena djelatnost, smatra se da je zbog utjecaja čovjeka došlo do promjena u sastavu populacija. Podatci do kojih se došlo ovim radom od iznimne su važnosti jer ne postoje prikladni usporedni podatci o sastavu populacija, a isti su nužni kako bi se mogla procijeniti mogućnost sakupljanja brbavica *V. verrucosa* te uspostaviti održiv izlov.

Uočena struktura populacije školjkaša na pet područja uzorkovanja ukazuje na različite razine ribarskog pritiska na različitim područjima uzorkovanja. Postotak prikupljenih školjkaša starih 10 ili više godina je varirao u odnosu na područje uzorkovanja. U Malom Stonu 11% analiziranih školjkaša je bilo staro 10 ili više godina, u Paškom zaljevu 8%, dok je u Istri, Starigrad-Paklenici i Kaštelanskom zaljevu samo nekolicina školjkaša pripadala ovoj starosnoj kategoriji redom 5%, 2% i 1%. Populacije brbavica *V. verrucosa* na tri područja s niskim postotkom jedinki starijih od 10 godina (Istra, Starigrad-Paklenica i Kaštelanski zaljev) ukazuju na visoki ribolovni napor na tim područjima. Zbog relativno manjih veličina jedinki, njihovih brzina rasta i malog postotka starijih jedinki brbavica *V. verrucosa* u populaciji, upitno je, je li postojeća razina izlova održiva. Metaxatos (2004) je ukazao na odsutnost jedinki veneridne vrste *C. chione* starijih od 10 godina u Euboikos zaljevu (Grčka) te sugerirao da to ukazuje na prelov starijih i većih jedinki. Slično istraživanje su proveli i Leontarakis & Richardson (2005) u obalnim vodama Grčke gdje su gotovo sve jedinke školjkaša *C. chione* bile mlađe od 10 godina, a starosni razredi od 1 do 3 godine dominirali su populacijom. Međutim, vrsta *C. chione* može živjeti i preko 40 godina (Ezgeta-Balić i sur. 2011), a za brbavicu *V. verrucosa* zabilježena je starost od tek 16 godina na području Maliakosa u Egejskom moru (Arneri i sur. 1998), dok je u ovom istraživanju najstarija jedinka u Malostonskom zaljevu imala 14 godina. Ipak, daljnji neregulirani porast ulova brbavica *V. verrucosa* u hrvatskom istočnom dijelu Jadrana mogao bi u bliskoj budućnosti promijeniti trenutnu starosnu strukturu populacije te imati dugotrajan utjecaj na održivo gospodarenje ovim školjkašem.

Analizom dužinskih frekvencija jedinki školjkaša prikupljenih autonomnim ronjenjem 2009. i 2010. godine na postaji Resnik (Kaštelanski zaljev) utvrđen je dužinski raspon od 22,8 do 57,4 mm i srednja dužina analiziranih školjkaša od $36,0 \pm 4,9$ mm. Ove vrijednosti su slične vrijednostima zabilježenim tijekom provođenja PHARE projekta (Vrgoč i sur. 2009) gdje je srednja dužina analiziranih jedinki iznosila 35,6 mm. Međutim, metodologija prikupljanja školjkaša korištena u PHARE studiji gdje su školjkaši prikupljeni hidrauličnom dredžom nije jednaka onoj upotrijebljenoj u ovom istraživanju, pa su rezultati reprezentativni samo za ovaj tip alata i moći će se uspoređivati prilikom budućeg praćenja ukoliko se opet upotrijebe isti. Nažalost, ne postoje prethodni podatci o dužinskoj raspodjeli ove vrste u Kaštelanskom zaljevu te nije moguće potpuno pouzdano tvrditi da li je došlo do promjena u sastavu populacije uslijed izlova kojem je vrsta izložena. U ovom istraživanju među prikupljenim je uzorcima ustanovljen mali postotak dužih, a time i starijih jedinki koje prelaze 50 mm dužine (0,45%). Ustanovljena je najniža prosječna duljina školjkaša u usporedbi sa svim ostalim područjima uzorkovanja na istočnoj strani Jadrana u ovom istraživanju što je indikativno, s obzirom na to da je Kaštelanski zaljev područje s visokom biomasom brbavica *V. verrucosa* koja prevladava u zajednici te je s najvišim razinama izlova (Peharda i sur. 2010).

Brbavica *V. verrucosa* prema Marano i sur. (1982), Arneri i sur. (1998) te Stagličić i sur. (2012) postiže spolnu zrelost pri veličinama većim od 25 mm te može živjeti preko 15 godina. Prema ovom istraživanju pri duljini od 25,8 mm tek je 50% analiziranih jedinki postiglo prvu spolnu zrelost. Ustanovljeno je da brbavica *V. verrucosa* prilikom formiranja drugog prstena rasta, tj. pri starosti od 2 godine na svim postajama uzorkovanja na istočnom dijelu Jadrana postiže srednju prosječnu veličinu $\sim 23,6$ mm a kako je minimalna izlovna veličina iste 25 mm, znači da komercijalnu veličinu postiže pri starosti od otprilike 2,5 godine. Ukoliko je usporedimo s kratko živućom (životni vijek od ~ 6 godina) i brzo rastućom drugom veneridnom vrstom u Jadranu, *V. decussata* koja postiže minimalnu izlovnu veličinu od 25 mm u otprilike 2 godine i dobar je kandidat za akvakulturu (Jurić i sur. 2012), brbavica *V. verrucosa* ima malo sporiji rast te duži životni vijek. Umjereno dugoživuća, znatno veća vrsta *C. chione*, kojoj jedinke u populaciji uobičajeno imaju do 16 godina, iako mogu živjeti i preko 40 godina, postižu minimalnu izlovnu veličinu prema europskoj odredbi, s obzirom na to da u Hrvatskoj ista nije zakonom određena, pri veličini od 60 mm (Council Regulation 1298/2000). Veličinu od 50 mm na istočnoj strani Jadrana vrsta *C. chione* postiže na postajama: Cetina unutar 4 godine, Kaštelanski zaljev pri ~ 5 godina, dok u Paškom zaljevu i postaji Rab pri ~ 7 godina što je znatno sporije od vremena u kojem *V. verrucosa* postiže svoju minimalnu izlovnu veličinu. Prema rezultatima ovog istraživanja brbavica *V. verrucosa* najintenzivnije raste u prve četiri godine

života međutim, moguće je da je uz različite intenzivne stope iskorištavanja na istočnom Jadranu i uz njezinu brzinu rasta ipak podložna prelovu te se nad njenim populacijama treba uspostaviti pažljivo praćenje.

Većina se školjkaša mrijesti više puta u životu, a njihov reproduktivni izlaz varira prema veličini i starosti, manje jedinke proporcionalno stavljaju više napora u tjelesni rast, dok starije jedinke stavljaju više napora u razmnožavanje (Bayne, 1976). Ovo istraživanje je dalo i prve rezultate o reproduktivnom ciklusu brbavice *V. verrucosa* u istočnom Jadranu. Spolni dimorfizam kod navedene vrste tijekom ovog istraživanja nije utvrđen. Spomenute razlike nisu utvrdili niti Rossi i sur. (1994), dok Marano i sur. (1980) navode postojanje makroskopskih razlika u boji gonada mužjaka i ženki. Istraživanje reproduktivnog ciklusa je provedeno korištenjem standardnih kvalitativnih i kvantitativnih histoloških tehnika te analizom indeksa kondicije. Prema ovom istraživanju ciklus gametogeneze brbavice *V. verrucosa* je kontinuirani proces koji uključuje gametogenezu, mrijest i ponovni razvoj gonada. Razvoj gonada je kontinuiran do zrelosti, može se poklapati i s vremenom mrijesta pogotovo kod ženki, što je zabilježeno i kod ostalih veneridnih vrsta kao što su *C. gallina*, *Venerupis corrugata* (Gmelin, 1791), *Mercenaria mercenaria* i *Leukoma staminea* (Conrad, 1837) (Ansell, 1961; Marano i sur. 1982). Prema Mackie (1984), sazrijevanje gameta je pod utjecajem unutarnjih čimbenika kao što su genetski i hormonalni ustroj, te pod utjecajem egzogenih kao što su temperatura, mjesečeve faze, dubina, obilnost i dostupnost hrane, intenzitet svjetla, itd. Inicijalno je povišenje temperature smatrano ključnim (Rand, 1973), međutim Kautsky (1982) smatra da je parametar najuže povezan sa sazrijevanjem gonada, dostupnost i obilnost hrane. U sjevernoeuropskim vodama reprodukcija školjkaša se odvija u proljeće i jesen, kada je najobilnija količina fitoplanktona unatoč niskim temperaturama oko 0°C (Rossi i sur. 1994). Prema rezultatima ovog istraživanja gametogeneza školjkaša *V. verrucosa* kod mužjaka i ženki počinje tijekom hladnog razdoblja godine, odnosno u siječnju. Prema Antoliću i sur. (2010, 2011) u zapadnom dijelu Kaštelanskog zaljeva koncentracija klorofila *a* je kolebala u rasponu od ~ 0,2 do 1,6 mg/m³ s maksimalnim vrijednostima zabilježenim za vrijeme hladnog razdoblja od zime do proljeća koje odgovara vremenu početka gametogeneze kod brbavice *V. verrucosa*.

Prve zrele jedinke u ovom istraživanju su zabilježene u svibnju, a mjesec dana kasnije započelo je ispuštanje gameta. Premda su zabilježena brojna opažanja mrijesta različitih pripadnika porodice Veneridae, važno je spomenuti da prijenos zrelih životinja u laboratorij često uzrokuje mrijest određenog postotka jedinki pri čemu je stimulans vjerojatno podizanje temperature ili mehaničko djelovanje. Brbavica *V. verrucosa* je imala kontinuiranu godišnju gametogensku aktivnost s produljenim vremenom mrijesta, od lipnja do studenog. Već u

sljedećem mjesecu visoka učestalost oocita s relativno malim opsegom potvrdila je rezultate kvalitativne analize koja je pokazala da novi gametogenetski razvoj započinje relativno brzo nakon mrijesta. Za druge vrste porodice Veneridae mrijest je primijećen u sljedećim mjesecima: svibanj – *Timoclea ovata* (Pennant, 1777) i *Venus casina* Linnaeus, 1758; veljača, ožujak, travanj i srpanj – *Clausinella fasciata* (da Costa, 1778); lipanj i srpanj – *V. corrugata*; srpanj – *V. decussata*; lipanj – *Gouldia minima* (Montagu, 1803) (Ansell, 1961).

Statistički značajna korelacija je pronađena između srednjeg gonadnog indeksa ženki i temperature, što ukazuje da temperatura, zajedno s dostupnošću hrane snažno utječe na reproduktivni ciklus, kao što je već uočeno u ranijim istraživanjima (npr. Rodhouse i sur. 1984; Gosling, 2003; Mladineo i sur. 2007). Jedinke brbavice *V. verrucosa* započinju s otpuštanjem gameta kada je temperatura poviše 16°C. U skladu s tim, temperatura preko 17,4°C uzrokuje otpuštanje gameta kod brbavice u Egejskom moru (Galinou-Mitsoudi i sur. 1997). Smanjenje broja oocita od kolovoza do rujna i od listopada do studenog potvrđuje obrazac primijećen u kvalitativnim stadijima reproduktivnog razvoja, ukazujući da se otpuštanje najvećeg broja ženskih gameta odvija upravo u tom vremenskom razdoblju.

Prisutnost zrelih jedinki od lipnja do studenog ukazuje da brbavica *V. verrucosa* s istočne obale Jadrana ima produljeno razdoblje mrijesta. Produljeno vrijeme mrijesta je već zabilježeno kod jedinki brbavice *V. verrucosa* iz sjevernog Jadrana (Tršćanski zaljev) gdje se mrijest odvija od travnja do rujna (Valli i sur. 1988), a na zapadnom Jadranu (zaljev Manfredonia) gdje mali broj jedinki otpušta gamete već u lipnju, intenzivan mrijest se odvija od srpnja do listopada (Marano i sur. 1982). Međutim, istražena populacija iz Kaštelanskog zaljeva je pokazala najdulje razdoblje mrijesta na području Jadrana. Samo se populacija brbavica *V. verrucosa* iz južne Španjolske (Malaga), mrijesti čitavu godinu, što se može objasniti blažim temperaturama mora u usporedbi s ostalim istraživanim područjima (Tirado i sur. 2003). Produljeno vrijeme mrijesta je također zabilježeno i kod nekih drugih vrsta porodice Veneridae kao što su vrste *Callista chione* (Moura i sur. 2008), *Chamela gallina* (Marano i sur. 1982; Rodriguez de la Rúa i sur. 2003) te *V. decussata* (Laruelle i sur. 1994), dok su neke razlike među vrstama zabilježene u odnosu na područje. Ukoliko izlovljeni stok nema produljeno vrijeme mrijesta ili nije u sezoni mrijesta, potrebno ga je kondicionirati u pogonu za kondicioniranje, a glavni čimbenici koji utječu na sazrijevanje gonada u kontroliranim uvjetima su kvalitetna hrana i povoljni uvjeti sredine. Manipulacijom ovim čimbenicima moguće je dobiti zreli stok prije nego gametogeneza u prirodi uopće započne. Primjenom takvog postupka moguće je u mrijestilištu uspostaviti proces mrijesta tijekom cijele godine (Utting & Spencer 1991; Turolla & Rossi 2004; Jug-Dujaković i sur.,

2009; Matias i sur., 2009). S gledišta akvakulture, produljeno razdoblje mrijesta je izrazita prednost jer mlađ može biti dostupna tijekom dužeg razdoblja u godini (Eversole, 1989).

Podatci dobiveni ovim istraživanjem potvrđuju da je *V. verrucosa* diecična vrsta s jednakim omjerom spolova. Istovjetni omjeri su zabilježeni za populacije iz Mediterana (mužjaci:ženke = 1,19:1,00) (Tirado i sur. 2003), a u Egejskom moru (mužjaci:ženke = 1,27:1,00) (Galinou-Mitsoudi i sur. 1997), iako mužjaci imaju laganu dominaciju nad ženkama na navedenim lokalitetima. Kod veneridne vrste *C. gallina* pregledom velikog uzorka odraslih jedinki je ustanovljeno da zabilježeni jednaki omjer mužjaka i ženki ostaje isti pri svim starosnim razdobljima (Ansell, 1961). Mužjaci i ženke imaju sinkroni gonadni razvoj sa samo nekoliko razlika; mali udio ženskih jedinki (oko 23%) postaje zrelo jedan mjesec prije mužjaka. Nadalje, najintenzivniji mrijest kod ženki je zabilježen od kolovoza do studenog, dok je kod mužjaka najintenzivniji mrijest zabilježen od listopada do studenog. Moguće je da je visoki postotak djelomično izmriještenih ženki pronađen u uzorku prikupljenom u rujnu artefakt uzorkovanja tj. ženke ispuštaju oocite zbog stresa povezanog s uklanjanjem iz prirodnog staništa i prijenosa do laboratorija. S obzirom na to da se spermiji i jajne stanice ispuštaju u vodeni stupac, sinkronizacijom otpuštanja gameta mužjaka i ženki, povećava se vjerojatnost oplodnje (O'Connor & Heasman 1995).

S obzirom na to da kvalitativna histološka metoda određivanja reproduktivnih stadija može biti do određenog stupnja subjektivna (Gosling, 2003) u istraživanju smo također upotrijebili kvantitativnu metodu mjerenja opsega oocita. Mjerenje opsega oocita je izvrstan prikaz reproduktivnog ciklusa s obzirom na to da pratimo rast veličine oocita do potpune zrelosti, sukladno s gametogenetskim stadijima (Maloy i sur. 2003; Meneghetti i sur. 2004; Peharda i sur. 2006; Mladineo i sur. 2007; Joaquim i sur. 2008; Moura i sur. 2008). U ovom istraživanju, kvantitativna analiza prati obrazac uočen korištenjem kvalitativne histološke metode. Prethodna istraživanja su bila usmjerena na mjerenje promjera oocita, ali iskustveno smo pronašli da je mjerenje opsega točnije i pouzdanije zato što je ponekad zbog nesavršeno okruglog oblika oocita u gonadnom uzorku, teško izmjeriti pravi promjer. Nadalje, ovo istraživanje daje prve podatke o opsegu oocita kroz različite gametogenetske stadije kod brbavice *V. verrucosa*. Slično kao i kod drugih vrsta (npr. Gribben i sur. 2004; Meneghetti i sur. 2004; Peharda i sur. 2006; Mladineo i sur. 2007; Moura i sur. 2008) najveće oocite su zabilježene u zrelih i djelomično izmriještenih jedinki. Iako je poznato da na veličinu oocita može utjecati životna strategija, starost, lokacija i okolišni stres (Honkoop & van der Meer 1998; Torro i sur. 2002; Maloy i sur. 2003; Meneghetti i sur. 2004), ovo je prvo istraživanje veličine oocita kod brbavice *V. verrucosa* te nismo bili u mogućnosti napraviti usporedbe s ostalim istraživanjima. Ipak, u usporedbi s drugim vrstama

Veneridae brbavica *V. verrucosa* ima veće oocite. Osvrt na maksimalan zabilježen promjer oocita je dan u Benninger & Le Pennec (1997), a za različite vrste Veneridae kreću se u rasponu od 73 do 145 μm , što odgovara opsegu od 229 do 455 μm . Čak i veće vrste Veneridae kao što je *C. chione* imaju manje veličine oocita u usporedbi s brbavicom *V. verrucosa* (Moura i sur. 2008). Iako veličina oocita nije jedini čimbenik koji utječe na uspjeh oplodnje, neki autori ističu da morski beskralješnjaci s većim jajima zahtijevaju nižu koncentraciju spermija za uspješnu oplodnju (Levitan, 2006). Ipak, ovo nije slučaj za sve vrste beskralješnjaka te da bismo bili sigurni da je veća veličina oocita kod *V. verrucose* životna strategija za uspješnu reprodukciju, potrebna su daljnja laboratorijska istraživanja uspješnosti fertilizacije u različitim uvjetima. Nadalje, Peharda i sur. (2010) su zabilježili da u Kaštelanskom zaljevu, unatoč visokom ribarskom pritisku, brbavica *V. verrucosa* ima najvišu biomasu u usporedbi s drugim istraživanim područjima u istočnom dijelu Jadrana što ukazuje da je potrebna i usporedba veličine oocita iz različitih područja da bi se otkrila moguća veza između veličine oocita i uspjeha fertilizacije.

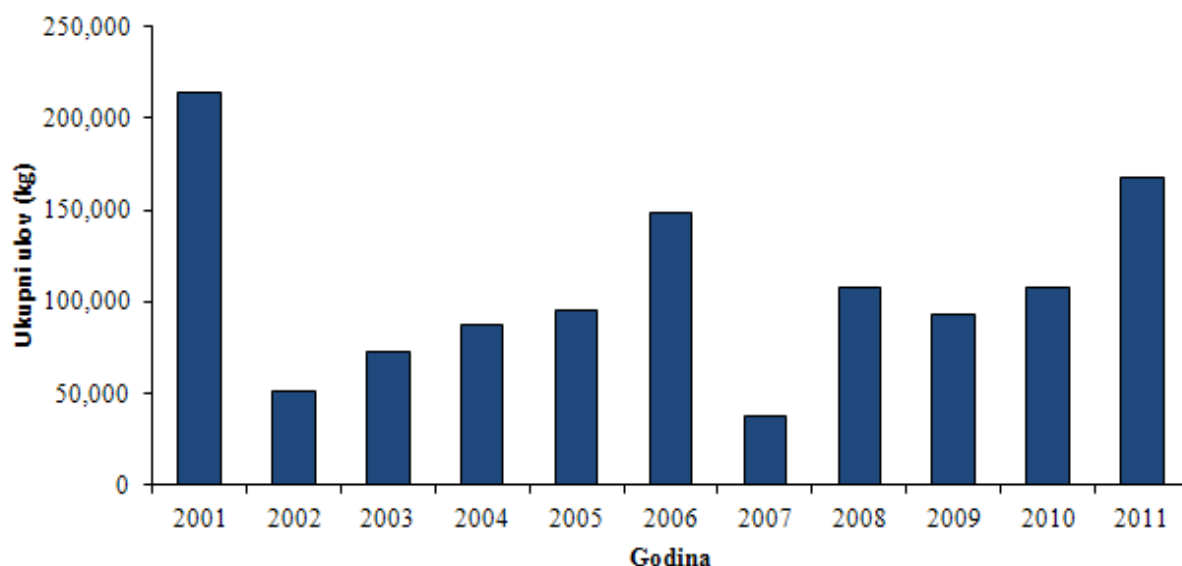
Izlov školjkaša je reguliran zakonom te za većinu vrsta postoje nacionalni i europski propisi o minimalnoj izlovnoj veličini i sezoni zabrane prikupljanja (Koutsoubas i sur. 2007). Duž istočne Jadranske obale nema sezone zabrane izlova za brbavicu *V. verrucosa* a najvažniji zakon o izlovu navedene vrste propisuje minimalnu izlovnu veličinu od 25 mm (Narodne novine 68/2010). Prema podacima dobivenim u ovom istraživanju, duljina pri kojoj 50% jedinki dostiže prvu spolnu zrelost je 25,8 mm, što je malo više od propisane minimalne izlovne veličine. Važno je naglasiti da veličina školjkaša prilikom postizanja prve spolne zrelosti može varirati ovisno o području i okolišnim uvjetima. Primjerice, u Egejskom moru najmanja spolno zrela jedinka brbavica *V. verrucosa* je imala samo 19 mm (Galionou-Mitsoudi i sur. 1997) dok je u sjevernom Jadranu odgovarajuća vrijednost bila 27 mm (Marano i sur. 1982). Dakle, daljnje analize na ovu temu su poželjne, a povećanje preporučene minimalne izlovne veličine treba uzeti u obzir.

Praćenjem indeksa kondicije tj. postotka količine mesa koja zauzima prostor unutar ljuštura školjkaša, utvrdili smo dinamiku promjena količine mesa tijekom razdoblja istraživanja. Indeks kondicije ovisi u prvom redu o sezoni spolnog ciklusa (Hrs-Brenko, 1973), o prisutnosti fitoplanktonske hrane i o promjenama ekoloških čimbenika sredine uključujući temperaturu, salinitet, i koncentraciju otopljenog kisika (Marguš & Teskeredžić 1984). Prethodna istraživanja su pokazala da su sezonske fluktuacije indeksa kondicije povezane sa sezonom mriješta školjkaša (Hrs-Brenko, 1973) te je indeks kondicije primijećen kao dobar deskriptor reproduktivnog ciklusa brojnih vrsta školjkaša (npr. Ojea i sur. 2004; Peharda i sur. 2006). Prema Rueda i sur. (2005) povišene vrijednosti indeksa kondicije i gonadnog indeksa ukazuju na

sazrijevanje gonada školjkaša. Iako je u ovom istraživanju statistički značajna korelacija zabilježena samo između indeksa kondicije i srednjeg gonadnog indeksa mužjaka, uočeno je da promjene indeksa kondicije prate promjene u reproduktivnom ciklusu. Smanjenje indeksa kondicije u periodu od srpnja do studenog odražava razdoblje mrijesta kod brbavice *V. verrucosa*. Kako je analiza indeksa kondicije jednostavna metoda koja daje točne podatke o reproduktivnom ciklusu može se koristiti kao sredstvo za predviđanje razdoblja mrijesta, pridonoseći održivom gospodarenju prirodnim populacijama.

U sklopu ovog istraživanja analizirani su podatci o ulovu brbavice *V. verrucosa* od 2008. do 2011. godine, prema prijavljenom ulovu po područnim jedinicama, po ribolovnim zonama te usporedba s ulovom svih ostalih vrsta školjkaša. Analiza ulova prijavljenog po područnim jedinicama pokazala je da je u 2008. i 2009. godini najviši ulov, od ukupnog ulova brbavice, bio prijavljen u područnoj jedinici Split, a najniži u područnoj jedinici Rijeka. Za vrijeme razdoblja od 2008. do 2011. godine došlo je do promjena u vrstama koje se sakupljaju, odnosno, smanjena je količina prikupljene dagnje dok je porasla količina prikupljenih drugih komercijalno vrijednijih vrsta školjkaša poput brbavice (*V. verrucosa*), kućice (*V. decussata*) i rumenke (*C. chione*). Udio brbavice u ukupnom prijavljenom ulovu svih školjkaša od 2001. do 2007. godine kretao se od 3,2% do 11,1% (Vrgoč i sur. 2009), dok je u razdoblju od 2008. do 2011. godine bio od 16% do 26%. Od 2008. do 2010. godine brbavica je po izlovnim količinama zauzimala drugo mjesto prilikom iskorištavanja divljih populacija školjkaša i to odmah iza dagnje što ukazuje na njen gospodarski značaj. Prema službenim hrvatskim statistikama, izvedenim iz evidencije ribara u očevidnicima / izvješćima, godišnji je ulov brbavice *V. verrucosa* u Hrvatskoj u razdoblju između 2001. i 2007. godine bio između 2,5 – 23,7 t (Vrgoč i sur. 2009.) dok je analizom u ovom istraživanju od 2008. do 2011. godine ulov kolebao od 23,4 do 28,3 t. Ulov brbavice duž talijanske obale južnog Jadrana je već 1990.-ih godina dostizao oko 500 t/godini što je gotovo jednako ulovu ove vrste na području Grčke (Arneri i sur. 1998). Vrste porodice Veneridae su jedna od četiri grupe morskih školjkaša koji su ranih 1990.-ih pridonijeli više od polovici ukupno ulovljenih školjkaša čija se stopa ulova značajno smanjila te se u razdoblju od 2009. do 2010. godine počelo prikupljati znatno više kapica (FAO, 2012). S ciljem usporedbe ulova brbavice *V. verrucosa* u '90.-ima, s drugim veneridnim vrstama spomenimo da su izlovne količine vrste *C. gallina* prema FAO- u (1999) iznosile za cijeli svijet 45.012 t, od čega je u Italiji prikupljeno 36.462 t. Pretpostavlja se da stvarni ulov brbavice *V. verrucosa* duž hrvatske, istočne obale Jadrana može biti nekoliko puta veći od službenih podataka te se procjenjuje da ribari prikupljaju oko 1 t/dan ove vrste tijekom ljetnih mjeseci u Kaštelanskom zaljevu (Vrgoč i sur. 2009).

U sklopu projekta, PHARE programa, naziva „Assessment of demersal fish and shellfish stocks commercially exploited in Croatia“ također su prikupljeni podatci iz očevidnika / izvješća od 2001. do 2007. godine te analizirani prema izlovljenim vrstama i područnim jedinicama gdje su dostavljeni (Slika 5.1.). Ukoliko usporedimo dobivene podatke s rezultatima PHARE projekta dobivamo desetogodišnje kolebanje ukupnog ulova svih vrsta školjkaša u Republici Hrvatskoj gdje je vidljivo da prijavljeni ulov varira s obzirom na godinu.



Slika 5.1. Ukupan godišnji, prijavljeni ulov školjkaša u Republici Hrvatskoj.

Prikupljanje školjkaša iz prirodnih populacija prema statistikama Uprave za ribarstvo, Ministarstva poljoprivrede (2007) činilo je samo 0,54% ukupnog ulova morskih organizama u Republici Hrvatskoj (RH). Prema Državnom zavodu za statistiku (2012) u 2011. godini ukupni ulov morske ribe, ljuskavaca, kamenica te ostalih mekušaca i školjkaša je bio 70.494 t od toga je ulov školjkaša 167 t, što čini samo 0,23% ukupnog ulova. Ipak, ove podatke treba uzeti s velikom rezervom, jer je vrlo vjerojatno da je ukupan godišnji ulov školjkaša bio i jest značajno veći od prikazanih vrijednosti koje su posljednjih godina bile svega oko 100 t za cijelo ribolovno more RH (prema DZS (2010) 108 t u 2010. godini). Statistiku ulova dužne su ispunjavati sve osobe koje imaju povlasticu za gospodarski ribolov u kojem moraju navesti koju vrstu i koju količinu su sakupili. Važno je spomenuti da prilikom navođenja prikupljenih vrsta u očevidniku / izvješću postoje određene nesuglasnosti uslijed nepoznavanja i nerazlikovanja vrsta te korištenja istog nazivlja za različite vrste. Primjer korištenja istog nazivlja pri čemu dolazi do nevjerodostojnosti podataka vidimo kod kapice (*Pectinidae*) čiji se naziv koristi za više vrsta. Međutim, brbavica *V. verrucosa* koja je i predmet ovog istraživanja, jedna je od rijetkih vrsta

koja je relativno lako prepoznatljiva te su moguće greške minimalne. Također, nevjerodostojnost postoji i u količinama ulova zbog nesigurnosti otkupa te prijave poreza pa većina ovlaštenika očevidnike ne predaje ili ih predaje nevjerodostojne (Vrgoč i sur. 2009). Osim sakupljanja kroz gospodarski ribolov, veliki dio ulova potječe od ilegalnog, odnosno neprijavljenog sakupljanja što dodatno otežava realnu procjenu količine sakupljenih školjkaša. Problem ilegalnog sakupljanja školjkaša trebao bi se riješiti češćim i strožim kontrolama školjkara te restorana koji otkupljuju školjkaše. Ovaj problem bi se mogao riješiti otvaranjem otpremnih centara gdje bi samo školjkari s potrebnom povlasticom mogli donositi školjkaše, obavljati pročišćavanje, u slučajevima kad je potrebno, te takve školjkaše plasirati na tržište s potvrdom o podrijetlu. U budućnosti, Republika Hrvatska bi trebala uložiti dodatne napore u vođenju vjerodostojne statistike o ribolovnom naporu, ali i ulovu školjkaša i drugih morskih organizama jer jedino uz takve podatke analiza dugogodišnjih znanstvenih istraživanja može osigurati bolje razumijevanje ribolovnih aktivnosti, njihova utjecaja na populacije školjkaša, ali i morski ekosustav općenito te pravilno gospodarenje prirodnim izvorima. Također, važno je spomenuti da se nakon stjecanja punopravnog članstva Hrvatske u EU-u 2013. godine zbog stečenih izvoznih dozvola očekuje znatan porast u količini prijavljenog ulova školjkaša iz razloga što će se morati prikazivati u dokumentaciji.

Zbog povećanog pritiska na prirodne populacije školjkaša te povećanih zahtjeva tržišta, nužno je izraditi gospodarski plan upravljanja mekušcima. Međutim, izrada gospodarskog plana bi se trebala temeljiti na znanstveno potvrđenim podacima, neophodnim za održivo gospodarenje vrstom i uvođenje ove vrste u akvakulturu, te na poznavanju biologije ove vrste (Conides i sur. 2004). Brbavice *V. verrucosa* su izložene intenzivnom ribarskom pritisku, a pouzdana statistika o njihovom komercijalnom i rekreacijskom izlovu u Hrvatskoj još ne postoji. Analiza starosti i rasta na pet područja uzorkovanja pokazala je da je postotak školjkaša starijih od 10 godina jako nizak. Daljnji neregulirani porast razine iskorištavanja brbavice *V. verrucosa* u Jadranu može u bliskoj budućnosti znatno promijeniti starosnu strukturu populacije i imati dugotrajni utjecaj na održivo gospodarenje ovim komercijalno važnim školjkašem.

6. ZAKLJUČCI

Brbavica *Venus verrucosa* je rasprostranjena duž cijele istočne obale Jadrana, a u ovom je istraživanju na ukupno pet odabranih područja prikupljeno 2488 jedinki koje su analizirane standardnim biološkim metodama. Zaključci ovog istraživanja su sljedeći:

- Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da u Jadranskom moru, brbavica *V. verrucosa* formira jedan prsten rasta godišnje te da se starost školjkaša može lako utvrditi iz dorzo-ventralnog prereza ljuštura.
- Prema ovom istraživanju, rast brbavice *V. verrucosa* je najintenzivniji tijekom prve četiri godine života kada školjkaš postiže dužinu od ~ 35 mm.
- Navedeni biometrijski podatci rasta u ovom istraživanju s duljinom od 19,8 do 60,0 mm te prosječnom duljinom od 42,9 mm nižeg su raspona od prethodnih istraživanja, što ukazuje na povećanje izlova školjkaša.
- Raspon vrijednosti parametara von Bertalanffy krivulje rasta u istraživanju se kretao: asimptotska duljina (L_{∞}) od 48,2 mm (Istra) do 57,9 mm (Paški zaljev), koeficijent rasta (k) od 0,20 godina⁻¹ (Paški zaljev) do 0,31 godina⁻¹ (Istra). Raspon vrijednosti phi-prime indeksa (ϕ') je varirao od 6,45 (Starigrad-Paklenica) do 6,74 (Kaštelanski zaljev).
- U ovom istraživanju su dobiveni prvi podatci o srednjoj duljini školjkaša prilikom formiranja određenog prstena rasta prema mjestu uzorkovanja, a dobivene vrijednosti su relativno slične za sva područja istraživanja.
- Ustanovljen je mali postotak jedinki starijih od 10 godina ovisno o području uzorkovanja. U Malom Stonu 11%, u Paškom zaljevu 8%, dok je u Istri 5%, Starigrad-Paklenici 2% i Kaštelanskom zaljevu samo 1%.
- Ustanovljeno je da nema statistički značajne razlike između broja mužjaka i ženki te nema statistički značajne razlike između duljine ljuštura mužjaka i ženki. Dvospolci nisu zabilježeni.

- Kao i kod mnogih vrsta školjkaša ustanovljeno je da temperatura i dostupnost hrane snažno utječu na reproduktivni ciklus. Gametogeneza započinje u razdoblju s maksimalnom koncentracijom klorofila *a* dok otpuštanje gameta započinje s povišenjem temperature preko 16°C.
- Kvalitativnom histološkom analizom utvrdili smo da je reproduktivni ciklus brbavice *V. verrucosa* kontinuiran te pokazuje neprekidnu gametogenetsku aktivnost koja se proteže tijekom cijele godine. Obrasci razvoja su istovjetni kod mužjaka i ženki, uz manja odstupanja.
- Pronađeno je da na istočnoj strani Jadrana brbavica *V. verrucosa* ima produljeno razdoblje mrijesta, od lipnja do listopada.
- Ovo istraživanje daje prve podatke opsega oocita brbavice *V. verrucosa* kroz različite gametogenetske stadije. Najmanje oocite su zabilježene kod jedinki u stadiju ranog sazrijevanja dok su najveće oocite zabilježene u zreлом stadiju i kod djelomično izmriještenih jedinki.
- Kvalitativni i kvantitativni podatci o reproduktivnim značajkama brbavice *V. verrucosa* prikupljeni u ovom istraživanju daju uvid u biologiju navedene vrste što je korisno za održivo gospodarenje prirodnim populacijama kao i važan temelj za uspostavljanje akvakulture ove vrste.
- Prema podacima dobivenim u ovom istraživanju, duljina pri kojoj 50% jedinki dostiže prvu spolnu zrelost je 25,8 mm, što je malo više od propisane minimalne izlovne veličine. Važno je naglasiti da veličina školjkaša prilikom postizanja prve spolne zrelosti može varirati ovisno o području i okolišnim uvjetima.
- Minimum srednje mjesečne vrijednosti indeksa kondicije izmjeren je u studenom, dok je najviša srednja mjesečna vrijednost indeksa kondicije zabilježena u srpnju. Visoke vrijednosti indeksa kondicije su uočene u vremenu od ožujka do kolovoza što odgovara vremenu aktivacije gonada, dok su niže vrijednosti pronađene u vremenu od rujna do veljače što se u potpunosti slaže s vremenom mrijesta i reapsorpcije gonada.
- Analizom izlova brbavice *V. verrucosa* u razdoblju od 2008. do 2011. godine pokazalo se da su najveći prijavljeni ulovi zabilježeni u područnim jedinicama

Split i Pula, i u ribolovnim zonama G i A. Od 2008. do 2010. godine brbavica je po izlovnim količinama zauzimala drugo mjesto prilikom eksploatacije divljih populacija školjkaša i to odmah iza dagnje što ukazuje na njen gospodarski značaj.

- Dobiveni rezultati o izlovu brbavice *V. verrucosa* mogu poslužiti kao podloga za ocijenu stanja te uspostavu adekvatnih mjera regulacije izlova i zaštite, a sve sa ciljem uspostave dugoročno održivog gospodarenja ovom vrstom.

7. LITERATURA

- Ansell, A. D. 1961. Reproduction, growth and mortality of *Venus striatula* (Da Costa) in Kames Bay, Millport. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 41: 191-215.
- Ansell, A. D. 1968. The rate of growth of the hard clam *Mercenaria mercenaria* (L.) throughout the geographical range. J. Cons. Int. Explor. Mer., 31: 364-409.
- Antolić, B., D. Bogner, N. Bojanić, I. Cvitković, M. Despalatović, B. Grbec, I. Grubelić, N. Krstulović, F. Kršinić, G. Kušpilić, I. Marasović, F. Matić, S. Matić-Skoko, S. Matijević, N. Mikac, V. Milun, M. Morović, V. Nikolić, Ž. Ninčević-Gladan, A. Pallaoro, M. Pavlović, I. Pezo, H. Prelesnik, M. Šolić, O. Vidjak, A. Žuljević & J. Veža. 2010. Kontrola kakvoće obalnog mora 2009 – Projekt Pag-Konavle. Institut za oceanografiju i ribarstvo. Split, 240 pp.
- Antolić, B., D. Bogner, N. Bojanić, I. Cvitković, M. Despalatović, B. Grbec, I. Grubelić, N. Krstulović, F. Kršinić, G. Kušpilić, I. Marasović, F. Matić, S. Matić-Skoko, S. Matijević, N. Mikac, V. Milun, M. Morović, V. Nikolić, Ž. Ninčević-Gladan, A. Pallaoro, M. Pavlović, I. Pezo, H. Prelesnik, M. Šolić, O. Vidjak, A. Žuljević & J. Veža. 2011. Kontrola kakvoće obalnog mora 2010 – Projekt Pag-Konavle. Institut za oceanografiju i ribarstvo. Split, 253 pp.
- Arneri, E., G. Gianneti, R. Polenta & B. Antolini. 1995. Age and growth of *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) in the Central Adriatic Sea obtained by thin sections. Rapp. Comm. Int. Mer. Medit., 34: 1-17.
- Arneri, E., C. Frogia, R. Polenta & B. Antolini. 1997. Growth of *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) in the Eastern Adriatic (Neretva river estuary). In: B. Finka (ed.), Tisuću godina prvog spomena ribarstva u Hrvata. HAZU, Zagreb. pp. 669-676.
- Arneri, E., G. Gianneti & B. Antolini. 1998. Age determination and growth of *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) in the southern Adriatic and the Aegean Sea. Fish. Res., 38: 193-198.
- Avendaño, M. & M. Le Pennec. 1997. Intraspecific variation in gametogenesis in two populations of the Chilean mollusc bivalve, *Argopecten purpuratus* (Lamarck). Aquac. Res., 28: 175-183.
- AZO, Agencija za zaštitu okoliša. 2012. Baza podataka: <http://jadran.izor.hr/azo/>, 26.06.2012.

- Bayne, B.L. 1976. Aspects of reproduction in bivalve molluscs. In: M. Wiley (ed.), *Estuarine Processes: Uses, Stresses and Adaptation to the Estuary*. Vol. 1. Academic Press, New York. pp. 432-448.
- Bakran-Petricioli T. 2007. *Morska staništa – priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja*. Državni zavod za zaštitu prirode. Zagreb, 56 pp.
- Bellido, J.M., G.J. Pierce, J.L. Romero & M. Millan. 2000. Use of frequency analysis methods to estimate growth of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) in the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Fish. Res.*, 48: 107-115.
- Beninger, P. & M. Le Pennec. 1997. Reproductive characteristics of a primitive bivalve from deep-sea reducing environment: giant gametes and their significance in *Acharax alinae* (Cryptodonta: Solemydae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 157: 195-206.
- Benović, A. 1997. The history, present condition and future of the molluscan fisheries of Croatia. In: Jr. C. L. MacKenzie, Jr. V.G. Burrell, A. Rosenfield & W.L. Hobart (eds.), *The history, present condition and future of the molluscan fisheries of north and central America and Europe*. U.S. Department of Commerce, Vol.3. NOAA Tech. Rep. NMFS 129, Europe. pp. 217-226.
- Berthou, P., J. Y. Le Gall, F. Djabali & M. Yahiaoui. 1980. Biologie et peche de la pinaire *Venus verrucosa* (mollusque veneridae) en Manche Occidentale (Bretagne et Normandie). *ICES C.M.* 1980/K:4, 36 pp.
- Boko, I. 2005. *Ribarski libar*. Knjigotisak. Split, 240 pp.
- Bolotin, J, N. Glavić, N. Antolović & V. Kožul. 2011. Preliminary results of the growth and mortality of warty venus *Venus verrucosa* (Linnaeus, 1758) in the suspension. *Proceedings from 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture*, Opatija. pp. 791-94.
- Bouchet, P.; J.P. Rocroi, R. Bieler, J. Carter & E.V. Coan, 2010. Nomenclator of bivalve families with a classification of bivalve families. *Malacologia*, 52(2): 1-184.
- Brey, T. 1999. Growth performance and mortality in aquatic macrobenthic invertebrates. *Adv. Mar. Biol.*, 35: 153-223.
- Brusca, R.C. & G.J. Brusca. 1990. *Invertebrates*. Inc. Publishers. Sunderland, 936 pp.
- Buljan, M. & M. Zore-Armanda. 1971. *Osnovi oceanografije i pomorske meteorologije*. Institut za oceanografiju i ribarstvo. Split, 424 pp.
- Canapa, A., I. Marota, F. Rollo & E. Olmo. 1996. Phylogenetic analysis of Veneridae (Bivalvia): comparison of molecular and palaeontological data. *J. Mol. Evol.*, 43: 517-522.

- Carter, J.G., C.R. Altaba, L.C. Anderson, R. Araujo, A.S. Biakov, A.E. Bogan, D.C. Campbell, M. Campbell, J. Chen, J.C.W. Cope, G. Delvene, H.H. Dijkstra, Z. Fang, R.N. Gardner, V.A. Gavrilova, I.A. Goncharova, P.J. Harries, J.H. Hartman, M. Hautmann, W.R. Hoeh, J. Hylleberg, B. Jiang, P. Johnston, L. Kirkendale, K. Kleemann, J. Koppka, J. Kříž, D. Machado, N. Malchus, A. Márquez-Aliaga, J.P. Masse, C.A. McRoberts, P.U. Middelfart, S. Mitchell, L.A. Nevesskaja, S. Özer, J.Jr. Pojeta, I.V. Polubotko, J.M. Pons, S. Popov, T. Sánchez, A.F. Sartori, R.W. Scott, I.I. Sey, J.H. Signorelli, V.V. Silantiev, P.W. Skelton, T. Steuber, J.B. Waterhouse, G.L. Wingard & T. Yancey. 2011. A synoptical classification of the Bivalvia (Mollusca). Univ. Kans. Paleontol. Contrib., 4: 1-47.
- Cerrato, R.M. 1980. Demographic analysis of bivalve population, In: Rhoads, D.C. and Lutz, R.A. (ed). Skeletal growth of aquatic organisms. Plenum Press, New York. pp. 417-468.
- Cetinić, P. & J. Swinarski. 1985. Alati i tehnika ribolova. Logos. Split, 210 pp.
- Cetinić, P. & A. Soldo. 1999 Dredge catches of pilgrim's scallop (*Pecten jacobaeus* L.) in eastern Adriatic. Folia Univ. Agric. Stetin., 192 (25): 37-43.
- Chapman, A.D. 2009. Numbers of Living Species in Australia and the World. 2nd ed. Australian Biological Resources Study. Canberra, 360 pp.
- Chávez-Villalba, J., J. Pommier, J. Andriamiseza, S. Pouvreau, J. Barret, J. Cochard & M. Le Pennec. 2002. Broodstock conditioning of the oyster *Crassostrea gigas*: origin and temperature effect. Aquaculture, 214: 115-130.
- Chrysanthakopoulou, V. & P. Kaspiris. 2005. Age and growth of the carpet shell clam *Ruditapes decussatus* (Linnaeus 1758) in Araxos Lagoon (NW Peloponnisos, Greece). Fresen. Environ. Bull., 14(11): 1006–1012.
- Conides, A., C. Papaconstantinou & B. Glamuzina. 2004. Native mollusks beds: Strategic management, protection, restoration and exploitation. Naše more, 5: 37-42.
- Council Regulation (EC) No 1298/2000. <http://eur-lex.europa.eu>. 6.10.2012.
- Dame, R.F. 1996. Ecology of Marine Bivalves an Ecosystem Approach. CRC Press. Boca Raton, 215 pp.
- Dardignac-Corbel, M.J. 1990. Traditional mussel culture. Aquaculture, 1: 293-297.
- Davenport, J. & X. Chen. 1987. A comparison of methods for the assessment of condition in the mussel (*Mytilus edulis* L.). J. Mollusc. Stud., 53: 293-297.
- Davenport, J., D. Ezgeta-Balić, M. Peharda, S. Skejić, Ž. Ninčević-Gladan & S. Matijević. 2011. Size-differential feeding in *Pinna nobilis* L. (Mollusca: Bivalvia): exploitation of detritus, phytoplankton and zooplankton. Estuar. Coast. Shelf Sci., 92(2): 246-254.

- Deval, M.C. 2001. Shell growth and biometry of the striped venus *Chamelea gallina* (L) in the Marmara Sea, Turkey. J. Shellfish Res., 20(1): 155-159.
- Državni zavod za statistiku. 2010. http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2011/01-04-01_01_2011.htm, 03.09.2012.
- Državni zavod za statistiku. 2012. http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2012/01-04-01_01_2012.htm, 03.09.2012.
- Ezgeta-Balić, D., M. Peharda, C. A. Richardson, M. Kuzmanić, N. Vrgoč & I. Isajlović. 2011. Age, growth, and population structure of the smooth clam *Callista chione* in the eastern Adriatic Sea. Helgol. Mar. Res., 65: 457-465.
- Eversole, A.G. 1989. Gametogenesis and spawning in North American clam populations: implications for culture. In: J.J. Manzi & M. Castagna (eds.), Developments in aquaculture and fisheries science, Clam mariculture in North America, vol 19. Elsevier, Amsterdam. pp. 75-109.
- FAO. 1999. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, FAO. Rome, 158 pp.
- FAO. 2006. <http://www.un.org/en/>, 30.08.2012.
- FAO. 2007. <http://www.un.org/en/>, 15.06.2012.
- FAO. 2010. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, FAO. Rome, 218 pp.
- FAO. 2011, Global aquaculture production statistics 1950-2009, <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>, 25.06.2012.
- FAO. 2012. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, FAO. Rome, 230 pp.
- Franc, A. 1960. Classe de Bivalves. In: Grassé, P.P. Traité de Zoologie: Anatomie, Systématique, Biologie. 5. Masson et Cie. pp.1845-2164.
- Gabbi, G. 2000. Shells - guide to the jewels of the sea. White Star Publishers. Vercelli, 30 pp.
- Galinou-Mitsoudi, S., A.I. Sinis & D. Petridis. 1997. Reproduction of *Venus verrucosa* in the Thessaloniki and Thermaikos Gulfs. Proceedings of 5th Pan Hellenic Symposium of Oceanography and Fisheries. National Center of Marine Research, Kavala. pp. 107-10.
- Gaspar, M.B., A.M. Pereira, P. Vasconcelos & C.C. Monteiro. 2004. Age and growth of *Chamelea gallina* from the Algarve coast (southern Portugal): influence of seawater temperature on gametogenic cycle and growth rate. J. Mollus. Stud., 70: 371-377.

- Gavrilović, A., A. Ljubičić & J. Jug-Dujaković. 2009. Response of warty venus *Venus verrucosa* to two different spawning stimulation techniques. In: WAS (ed.). WAS Conference "World Aquaculture 2009". Veracruz, 45 pp.
- Gavrilović, A., J. Jug-Dujaković, A. Ljubičić & A. Conides. 2010. Broodstock conditioning and induced spawning of the warty venus *Venus verrucosa* under four different feeding regimes. Proceedings and plenary session, WAS conference: Profitable and sustainable aquaculture. San Diego, 29 pp.
- Gosling, E., 2003. Bivalve molluscs Biology, Ecology and Culture. Fishing News Books, Blackwell Publishing. Cornwall, 442 pp.
- Graeffe, E. 1903. Uebersichte der Seethiere des Golfes von Triest, VI Mollusca. Arb. Zool. Inst. Wien. Zool. Sta., 14: 89-136.
- Gribben, P.E., J. Helson & A.G. Jeffs. 2004. Reproductive cycle of the New Zealand Geoduck, *Panopea zelandica*, in two North Island Population. Veliger., 47: 53-65.
- Gulland, J.A. & S. J. Holt. 1959. Estimation of growth parameters for data of unequal time intervals. J. Cons. Int. Explor. Mer., 25: 47-49.
- Hall, C.A., W.A. Dollase & C.E. Corbato. 1974. Shell growth in *Tivela stultorum* (Mawe, 1823) and *Callista chione* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia): annual periodicity, latitudinal differences, and diminution with age. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Paleoecol. 15: 33-61.
- Haszprunar, G. 2001. Mollusca (Molluscs). In: eLS. (ed), Encyclopedia of Life Sciences. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester. <http://www.els.net> [doi: 10.1038/npg.els.0001598].
- Hayward, P., T. Nelson-Smith & C. Shields. 1996. Collins Pocket Guide Sea Shor of Britain and Europe, Harper Collins Publishers. London, 352 pp.
- Heasman, M.P., W.A. O'Connor & A.W. Frazer. 1996. Temperature and nutrition as factors in conditioning broodstock of the commercial scallop *Pecten fumatus* Reeve. Aquaculture, 143: 75-90.
- Helm, M. M. & N. Bourne. 2004. Hatchery culture of bivalves, A practical manual, FAO Fisheries Technical paper No: 471. FAO. Rome, 177 pp.
- Honkoop, P.J.C. & J. Van der Meer. 1998. Experimentally induced effects of water temperature immersion time on reproductive output of bivalvia in the Wadden Sea. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 220: 227-46.
- Hrs-Brenko, M. 1971. The reproductive cycle of the *Mytilus galloprovincialis* Lamk. in the Northern Adriatic Sea and *Mytilus edulis* L. at Long Island Sound. Thalassia Jugosl. 9(1): 533-542.

- Hrs-Brenko, M. 1973. The relationship between reproductive cycle and indeks of condition of the mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in the northern Adriatic sea. Stud. Rev. GFCM, 52: 47–52.
- Hrs-Brenko, M. 1997. The marine bivalve molluscs in the Kornati national park and Dugi otok natural park (Adriatic Sea). Period. Biol., 99(3): 381-395.
- Hrs-Brenko, M., D. Medaković & M. Legac. 1990. Jestivi školjkaši Jadranskog mora: I Srčanka jestiva (*Cerastoderma glaucum* Poiret). Morsko ribarstvo, 42(1): 24-27.
- Huber, M. 2010. Compendium of Bivalves. A Full-color Guide to 3.300 of the World's Marine Bivalves. A status on Bivalvia after 250 Years of Research. Hackenheim: ConchBooks.
- Iglesias, J.I.P., M.B. Urrutia, E. Navarro, P. Alvarez-Jorna, X. Larretxea, S. Bougrier & M. Heral. 1996. Variability of feeding processes in the cockle *Cerastoderma edule* (L.) in response to changes in seston concentration and composition. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 197: 121-143.
- Jardas, I. 1996. Jadranska ihtiofauna. Školska knjiga. Zagreb, 533 pp.
- Jasprica, N., M. Carić, J. Bolotin & M. Rudenjak-Lukenda. 1997. The Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis* LMK.) growth rate response to phytoplankton and microzooplankton population densities in the Mali Ston Bay (southern Adriatic). Period. Biol., 99(2): 255-264.
- Joaquim, S, D. Matias, B. Lopes, W.S. Arnold & M.B. Gaspar. 2008. The reproductive cycle of white clam *Spisula solida* (L.) (Mollusca: Bivalvia): Implications for aquaculture and wild stock management. Aquaculture, 281: 43-48.
- Jug-Dujaković, J., A. Gavrilović, A. Ljubičić & B. Skaramuca. 2009. Use of phytoplankton species *Cylindrotheca closterium* isolated from the Bay of Mali Ston in the process of broodstock conditioning of warty venus, *Venus verrucosa*. In: S. Marić & Z. Lončarić (eds.), Book of Abstract from 44th Croatian and 4th International Agronomy Symposium, Universty Josip Juraj Strossmayer, Osijek. pp. 687-690.
- Jurić, I., I. Bušelić, D. Ezgeta-Balić, N. Vrgoč & M. Peharda. 2012. Age, Growth and Condition Index of *Venerupis decussata* (Linnaeus, 1758) in the eastern Adriatic Sea. Turk. J. Fish. Aquat. Sc., 12: 431-436.
- Katavić, I., T. Božanić, P. Cetinić, A. Dujmušić, Ž. Filić, Lj. Kučić, T. Vodopija & N. Vrgoč. 2004. Marine Fisheries. In: B. Pankretić (ed.), Croatia in the 21st Century, Development Strategy of the Republic of Croatia. Ministry of Agriculture and Forestry, Zagreb. pp. 123-138.

- Katsanevakis, S. 2007. Growth and mortality rates of the fan mussel *Pinna nobilis* in Lake Vouliagmeni (Korinthiakos Gulf, Greece): a generalized additive modelling approach. *Mar. Biol.*, 152:1319-1331.
- Kautsky, N. 1982. Quantitative studies on gonad cycle, fecundity, reproductive output and recruitment in a Baltic *Mytilus edulis* population. *Mar. Biol.*, 68: 143-160.
- Keen, A.M. 1969. Superfamily Veneracea. In: R.C. Moore (ed.), L.R. Cox Part N [Bivalvia], *Mollusca* 6, vols. 1 and 2: xxxvii + 952 pp. Part of, *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Lawrence, Geological Society of America & University of Kansas, Kansas. pp. 670-690.
- Keller, N., D. Del Piero & A. Longinelli. 2002. Isotopic composition, growth rates and biological behaviour of *Chamelea gallina* and *Callista chione* from the gulf of Trieste (Italy). *Mar. Biol.*, 140: 9-15.
- Koutsoubas, D., S. Galinou-Mitsoudi, S. Katsanevakis, P. Leontarakis, A. Metaxatos & A. Zenetos. 2007. Bivalve and gastropod molluscs of commercial interest for human consumption in the Hellenic Seas. In: C. Papakostantinou, G. Tserpes & A. Zenetos (eds.), *State of the hellenic fisheries*. HCMR Publications, Athens. pp. 23-43.
- Kozarić, Z. 1997. Veterinarska histologija. Naklada Karolina. Zagreb, 30 pp.
- Kožul, V., N. Glavić, J. Bolotin & N. Antolović. U tisku. Growth of the fan mussel *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Bivalvia) in experimental cages in the South Adriatic Sea, *Aquacult. Res.*, DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.03003.x
- Laruelle, F.J. Guillou & Y.M. Paulet. 1994. Reproductive pattern of the clams, *Ruditapes decussates* and *R. philippinarum* on the intertidal flats in Brittany. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 74: 351-66.
- Laudien, L., T. Brey & W.E. Arntz. 2003. Population structure, growth and production of the surf clam *Donax serra* (Bivalvia, Donacidae) on two Namibian sandy beaches. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 58: 105-115.
- Legac, M. 2003. Prilog poznavanju školjkaša (Bivalvia) Novigradskog područja. *Pomorski zbornik*, 41(1): 209-218.
- Legac, M. & M. Hrs-Brenko. 1999. A review of bivalve species in the eastern Adriatic sea. III. Pteriomorpha (Glycymerididae). *Nat. Cro.*, 8(1): 9-25.
- Leontarakis, P.K. & C.A. Richardson. 2005. Growth of the smooth clam, *Callista chione* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia Veneridae) from the Thracian Sea, northeastern Mediterranean. *J. Mollus. Stud.*, 71: 189-198.

- Levitan, D.R. 2006. The relationship between egg size and fertilization success in broadcast-spawning marine invertebrates. *Integr. Comp. Biol.*, 46: 298-311.
- Mackie, G.L. 1984. Bivalves. In: A.S. Tompa (ed.), *The mollusca*. Vol. 7. Academic Press, New York. pp. 351-417.
- Magnesen, T. & G. Christophersen. 2008. Reproductive cycle and conditioning of translocated scallops (*Pecten maximus*) from five broodstock populations in Norway. *Aquaculture*, 285: 109–116.
- Maloy, A.P., B.J. Berbera & P.D. Rawson. 2003. Gametogenesis in a sympatric population of blue mussels, *Mytilus edulis* and *Mytilus trossulus*, from Cobscook Bay, USA. *J. Shellfish Res.*, 22: 119-23.
- Marano, G., N. Casavola & C. Saracino. 1980. Indagine comparativa sulla riproduzione di *Chamelea gallina* (L.), *Venus verrucosa* (L.), *Rudicardium tuberculatum* (L.) nel basso Adriatico. *Mem. Biol. Mar. Oceanogr.* 10: 229-234.
- Marano, G., N. Casavola, C. Saracino & E. Rizzi. 1982. Riproduzione e crescita di *Chamelea gallina* L. e *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) nel basso Adriatico. *Mem. Biol. Mar. Oceanogr.*, 12(2): 97-114.
- Marčelja, E. 2009. Reproductivni ciklus kamenica (*Ostrea edulis* L.) u Malostonskom zaljevu. In: V. Besendorfer, N. Kopjar, Ž. Vidaković-Cifrek, M. Tkalec, N. Bauer & L. Žaklin (ed.), *Zbornik sažetaka 10. Hrvatskog biološkog kongresa s međunarodnim sudjelovanjem*, Osijek. Hrvatsko biološko društvo 1885., Zagreb. pp. 247-248.
- Marguš, D. 1983. Mogućnosti uzgoja dagnji *Mytilus galloprovincialis* Lamarck u estuariju rijeke Krke. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 81 pp.
- Marguš, D. 1998. Školjkaši ušća rijeke Krke. Nacionalni park Krka. Šibenik, 165 pp.
- Marguš, D. & E. Teskeredžić. 1984. Indeks kondicije dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) u estuariju rijeke Krke. *Morsko ribarstvo*, 1: 17-20.
- Marguš, D. & E. Teskeredžić. 1986. Settlement of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) on rope collectors in the estuary of the River Krka, Yugoslavia. *Aquaculture*, 55(4): 285-296.
- Marguš, D., E. Teskeredžić & Z. Modrušan. 1988. Settlement and growth of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.). *Ichthyologia*, 20(1): 19-20.
- Marguš, D., E. Teskeredžić & Z. Modrušan. 1990. Mogućnost kontroliranog uzgoja dagnji (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) u dubljim vodenim slojevima ušća rijeke Krke. *Morsko ribarstvo*, 42(4): 133-137.

- Marinković-Roje, M. 1968. Sezonske varijacije kemijskog sastava dagnji (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) iz Limskog kanala. *Thalassia Jugosl.*, 4: 69-86.
- Marinković, M. & M. Nikolić. 1963. Rast kamenice *Ostrea edulis* L., prije i za vrijeme fertilizacije mora u Limskom kanalu, Istra, od 1957 do 1960. *Thalassia Jugosl.*, 2: 5-25.
- Marinković-Roje, M. & M. Nikolić. 1967. Sezonske varijacije kemijskog sastava kamenica (*Ostrea edulis* L.) iz Limskog kanala. *Thalassia Jugosl.*, 3: 61-77.
- Matias, D., S. Joaquim, A. Leitaõ & C. Massapina. 2009. Effect of geographic origin, temperature and timing of broodstock collection on conditioning, spawning success and larval viability of *Ruditapes decussatus* (Linné, 1758). *Aquacult. Int.*, 17: 257–271.
- Matonićkin, I., I. Habdija & B. Primc-Habdija. 1998. Beskralješnjaci - biologija nižih avvertebrata. Školska knjiga. Zagreb, 691 pp.
- Meneghetti, F., V. Moschino & L. da Ros. 2004. Gametogenic cycle and variation in oocyte size of the *Tapes philippinarum* from the Lagoon of Venice. *Aquaculture*, 240: 473-88.
- Metaxatos, A. 2004. Population dynamics of the venerid bivalve *Callista chione* (L.) in a coastal area of the eastern Mediterranean. *J. Sea Res.*, 52: 239-305.
- Mihailinović, M. 1955a. Lostura. *Morsko ribarstvo*, 7(5): 113-114.
- Mihailinović, M. 1955b. Orijentacioni podaci o brzini rasta losture. *Morsko ribarstvo*, 7(9): 238.
- Milišić, N. 1991. Školjke i puževi Jadrana. Logos. Split, 302 pp.
- Ministarstvo poljoprivrede, Uprava za ribarstvo. 2007. <http://www.mps.hr/>, 30.08.2012.
- Ministarstvo poljoprivrede, Uprava za ribarstvo. 2008. <http://www.mps.hr/>, 30.08.2012.
- Ministarstvo poljoprivrede, Uprava za ribarstvo. 2012. <http://www.mps.hr/>, 26.08.2012.
- Mladineo, I., M. Peharda, S. Orhanović, J. Bolotin, M. Pavela-Vrančić & B. Treursić. 2007. The reproductive cycle, condition index and biochemical composition of the horse-bearded mussel *Modiolus barbatus*. *Helgol. Mar. Res.*, 61(3): 183-192.
- Morović, D. 1958. Rast kamenica (*Ostrea edulis* L.) u Mljetskim jezerima. *Acta Adriat.*, 6(7): 3-28.
- Morović, D. & A. Šimunović. 1969. Prilog poznavanju rasta kamenice (*Ostrea edulis* L.) i dagnje (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) u Malostonskom zaljevu. *Thalassia Jugosl.*, 5: 237-247.
- Morton, B. 1991. Cockles and mussels – alive, alive O. Supplement to the Gazette University of Hong Kong, Hong Kong, 38(1): 1-20.
- Moura, P., M.B. Gaspar & C.C. Monteiro. 2008. Gametogenic cycle of the smooth clam *Callista chione* on the south-western coast of Portugal. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 88: 161-67.

- Moura, P., M.B. Gaspar & C.C. Monteiro. 2009. Age determination and growth rate of a *Callista chione* population from the southwestern coast of Portugal. *Aquat. Biol.*, 5: 97-106.
- Munro, J.L. & D. Pauly. 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*, 1: 5-6.
- Narodne Novine. (148/2004) Pravilnik o posebnim staništima riba i drugih morskih organizama i regulacije ribolova u Velebitskom kanalu, Novigradskom i Karinskom moru, Prokljanskom jezeru, Marinskom zaljevu i Neretvanskom kanalu.
- Narodne Novine. (6/2006) Pravilnik o ribolovnim alatima i opremi za gospodarski ribolov na moru.
- Narodne Novine. (6/2006) Pravilnik o obavljanju gospodarskog ribolova na moru.
- Narodne Novine. (7/2006) Pravilnik o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova.
- Narodne Novine. (119/2009) Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova.
- Narodne Novine. (56/2010) Zakon o morskom ribarstvu.
- Narodne Novine. (68/2010) Naredba o zaštiti riba i drugih morskih organizama.
- Narodne Novine (144/2010) Pravilnik o obliku, sadržaju i načinu vođenja i dostave očevidnika, iskrajne deklaracije i izvješća o ulovu u gospodarskom ribolovu na moru.
- Narodne Novine. (5/2011) Pravilnik o granicama u ribolovnom moru Republike Hrvatske.
- National Shellfisheries Association. 2006.<http://shellfish.org/>. 25.06.2010.
- Newell, N.D. 1969. Bivalvia Systematics. In: R.C. Moore (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology Part N. Vol. 1. Mollusca* 6. The Paleontological Institute, 487 pp.
- O'Connor, W.A. & M.P. Heasman. 1995. Spawning induction and fertilization in the doughboy scallop *Chlamys (Mimachlamys) asperrima*. *Aquaculture*, 136: 117-29.
- Odum, E.P. 1983. *Basic Ecology*. Saunders College Publishing. Philadelphia, 613 pp.
- Odžak, N., T. Zvonarić, Z. Kljaković-Gašpić, M. Horvat & A. Barić. 2000. Biomonitoring of mercury in the Kaštela Bay using transplanted mussels. *Sci. Total Environ.*, 261: 61-68.
- Ojea, J., A.J. Pazos, D. Martinez, S. Novoa, J.L. Sanchez & M. Abad. 2004. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussates* in relation to the gametogenic cycle. *Aquaculture*, 238: 451-69.
- Ottolenghi, F., C. Silvestri, P. Giordano, A. Lovatelli & M.B. New. 2004. Capture-based aquaculture – The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails. FAO. Rome, 308 pp.

- Peharda Uljević, M. 2003. Rasprostranjenost i sastav prirodnih populacija školjkaša (Mollusca, Bivalvia) u Malostonskom zaljevu. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, 112 pp.
- Peharda, M., C. Richardson, V. Onofri, A. Bratoš & M. Crnčević. 2002. Age and growth of Noah's Ark shell, *Arca noae* L., in the Croatian Adriatic Sea. J. Moll. Stud., 68(4): 297-300.
- Peharda, M., A. Soldo, A. Pallaoro, S. Matić & P. Cetinić. 2003a. Age and growth of the Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus* (Linnaeus 1758) in the northern Adriatic sea. J. Shellfish Res., 22(3): 639-642.
- Peharda, M., J. Bolotin, N. Vrgoč, N. Jasprica, A. Bratoš & B. Skaramuca. 2003b. A study of the Noah's ark shell (*Arca noae* Linnaeus 1758) in Mali Ston bay, Adriatic sea. J. Shellfish Res., 22(3): 705-709.
- Peharda, M., I. Mladineo, J. Bolotin, L. Kekez & B. Skaramuca. 2006. The reproductive cycle and potential protandric development of the Noah's Ark shell, *Arca noae* L.: Implications for aquaculture. Aquaculture, 252(2-4): 317-327.
- Peharda, M., C.A. Richardson, I. Mladineo, S. Šestanović, Z. Popović, J. Bolotin & N. Vrgoč, 2007. Age, growth and population structure of *Modiolus barbatus* from the Adriatic. Mar. Biol., 151(2): 629-638.
- Peharda, M., S. Krstulović-Šifner, V. Dadić, I. Isajlović, D. Ezgeta, I. Marušić, V. Vlahović & D. Bašković. 2008. Evaluacija raspodjele i trenutnog stanja prirodnih zajednica školjkaša u demonstracijskom području u Zadarskoj županiji i prijedlozi za njihovu održivu eksploataciju - UNDP – Coast projekt, Institut za oceanografiju i ribarstvo. Split, 65 pp.
- Peharda, M., Ezgeta-Balić D., Vrgoč N., Isajlović I. & Bogner D. 2010. Description of bivalve community structure in the Croatian part of the Adriatic Sea – hydraulic dredge survey. Acta Adriat., 51: 141-158.
- Peharda, M.; D. Ezgeta-Balić, J. Davenport, N. Bojanić, O. Vidjak & Ž. Ninčević-Gladan. 2012a. Differential ingestion of zooplankton by four species of bivalves (Mollusca) in Mali Ston Bay, Croatia. Mar. Biol., 159(4): 881-895.
- Peharda, M.; D. Ezgeta-Balić, M. Radman, N. Sinjkević, N. Vrgoč & I. Isajlović. 2012b. Age, growth and population structure of *Acanthocardia tuberculata* (Bivalvia: Cardiidae) in the eastern Adriatic Sea. Sci. Mar., 76(1): 59-66.
- Peharda, M., M. Crnčević, I. Bušelić, C. Richardson, D. Ezgeta-Balić. 2012c. Growth and longevity of *Glycymeris nummaria* (Linnaeus, 1758) from the eastern Adriatic, Croatia. J. Shellfish Res. DOI: 10.2983/035.031.0400 .

- Poppe, G. T. & Y. Goto. 1993. European Seashells Vol. 2 (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda). Verlag Christa Hemmen. Wiesbaden, 222 pp.
- Pratt, D.M. & D.A. Campbell. 1956. Environmental factors affecting growth in *Venus mercenaria*. Limnol. Oceanogr., 1: 2-17.
- Pronker, A.E., N.M. Nevejan, F. Peene, P. Geijssen & P. Sorgeloos. 2008. Hatchery broodstock conditioning of the blue mussel *Mytilus edulis* (Linnaeus 1758). Part I. Impact of different micro-algae mixtures on broodstock performance. Aquacult. Int., 16: 297-307.
- Ramon, M. & C.A. Richardson. 1992. Age determination and shell growth of *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) in the western Mediterranean. Mar. Ecol. Prog. Ser., 89:15-23.
- Rand, W.M. 1973. A stochastic model of the temporal aspects of breeding strategies. J. Theor. Biol., 40: 337-351.
- Richardson, C.A. 2001. Molluscs as archives of environmental change. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 39: 103-164.
- Richardson, C., M. Peharda, H. Kennedy, P. Kennedy & V. Onofri. 2004. Age, growth rate and season of recruitment of *Pinna nobilis* in the Croatian Adriatic determined from Mg:Ca and Sr:Ca shell profiles. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 299(1): 1-16.
- Rodhouse, P.G., C.M. Roden, G.M. Burnell, M.P. Hensey, T. McMahon, B. Ottway & T.H. Ryan. 1984. Food resources, gametogenesis and growth of *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture: Killary Harbour, Ireland. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 64: 513-29.
- Rodríguez de la Rúa, A., M.A. Prado & M.A. Bruzón. 2003. Estudio del ciclo reproductor de *Chamelea gallina* (L., 1758) (Mollusca: Bivalvia) en tres poblaciones del litoral andaluz. Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 19: 57-63.
- Rossi, R., D. Campioni, A.G. Conte, F. Paesanti & E. Turolla. 1994. Artificial reproduction of warty venus (*Venus verrucosa*): preliminary results. Riv. Ital. Acquacolt., 29: 53-62.
- Royo, A. & C. Gómez Ramblado. 2002. Primeros datos sobre el cultivo de *Venus verrucosa* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Bivalvia) en estanque. Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 18(1-4): 343-348.
- Rueda, J.L., A.C. Smaal & H. Scholten. 2005. A growth model of the cockle (*Cerastoderma edule* L.) tested in the Oosterschelde estuary (The Netherlands). J. Sea Res., 54: 276-298.
- Sabbeli, B., R. Giannuzzi-Savelini & D. Bedulli. 1990a. Catalogo annotato dei molluschi marini del Mediterraneo. Vol. 1. Libreria Naturalistica Bolognese, Bologna, 348 pp.
- Sabbeli, B., R. Giannuzzi-Savelini & D. Bedulli. 1990b. Catalogo annotato dei molluschi marini del Mediterraneo. Vol. 2. Libreria Naturalistica Bolognese, Bologna, 150 pp.

- Sparre, P. & S.C. Venema. 1998. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper. No. 306/1, Rev.2. FAO, Rome, 407 pp.
- Stagličić, N., M. Hervat, L. Kekez, Z. Popović, M. Peharda & N. Vrgoč. 2012. Age and growth of *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) in the northern Adriatic, Pula. In: M. Arko-Pijevac & B. Surina (eds.), Prirodoslovna istraživanja riječkog područja Vol. 2. Prirodoslovni muzej-Rijeka, Prirodoslovna biblioteka, Rijeka. pp. 237-244.
- Šiletić, T. & M. Peharda. 2003. Population study of the fan shell *Pinna nobilis* L. in Malo and Veliko Jezero of the Mljet National Park (Adriatic Sea). Sci. Mar., 67(1): 91-98.
- Šimunović, A. 1981. Biološko-ekološka istraživanja jestivih školjakaš Malostonskog zaljeva. In: J. Roglić & M. Meštrov (eds.), Zbornik radova savjetovanja "Malostonski zaljev prirodna podloga i društveno valoriziranje". JAZU, Znanstveni savjet za zaštitu prirode. Dubrovnik. pp. 252-267.
- Šimunović, A., I. Grubelić, M. Tudor & M. Hrs-Brenko. 1990. Sexual cycle and biometry of date shell, *Lithophaga lithophaga* Linnaeus (Mytilidae). Acta Adriat., 31(1/2): 139-151.
- Thiele, J. 1935. Handbuch der Systematischen Weichtierkunde. 2 Bände. figs Handbuch der systematischen Weichtierkunde (Handbook of Systematic Malacology). Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, 1154 pp.
- Tirado, C., C. Salas & I. Márquez. 2003. Reproduction of *Venus verrucosa* L., 1758 (Bivalvia: Veneridae) in the littoral of Málaga (southern Spain). Fish. Res., 63: 437-445.
- Tonković, M. 1998. Prilog poznavanja bioloških i ekoloških značajki školjakaš kućice (*Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758)) duž istočne obale Jadranskog mora. Diplomski rad. Sveučilište u Splitu, 48 pp.
- Torro, J.E., R.J. Thompson & D.J. Innes. 2002. Reproductive isolation and reproductive output in two sympatric mussel species (*Mytilus edulis*, *M. trossulus*) and their hybrids from Newfoundland. Mar. Biol., 141: 897-909.
- Turolla, E., G. Castaldelli, L. Barbin & R. Rossi. 2002. Manuale - Guida alla riproduzione controllata di *Modiolus barbatus*. Università Degli Studi di Ferrara Dipartimento di Biologia i Centro Ricerche Molluschi. Ferrara, 31 pp.
- Turolla, E. & R. Rossi. 2004. Studi Sulla riproduzione controllata del tartufo di mare (*Venus verrucosa*). Università Degli Studi di Ferrara Dipartimento di Biologia i Centro Ricerche Molluschi, Ferrara, 30 pp.
- United Nations Environment Programme. 2006. http://www.unep.org/pdf/annualreport/UNEP_AR_2006_English.pdf, 29.08.2012.

- Urban, H.J. 2000. Culture potential of the pearl oyster (*Pinctada imbricata*) from the Caribbean. I. Gametogenic activity, growth, mortality and production of a natural population. *Aquaculture*, 189:361-373.
- Urrutia, M.B., I. Ibarrola, J.I.P. Iglesias & E. Navarro. 1999. Energetics of growth and reproduction in high-tidal population of the clam *Ruditapes decussatus* from Urdaibai Estuary (Basque Country, N. Spain). *J. Sea Res.*, 42: 35-48.
- Utting, S.D. & B.E. Spencer. 1991. The hatchery culture of bivalve molluscs larvae and juveniles. Lab. Leaflet No. 68: MAFF Fish. Res. Lowestoft, 31 pp.
- Utting, S.D. & P.F. Millican. 1997. Techniques for the hatchery conditioning of bivalve broodstocks and the subsequent effect on egg quality and larval viability. *Aquaculture*, 155: 45-54.
- Vaccarella, R., A.M. Pastorelli, G. Marano, L. Rositani & V.E. De Zio. 1998. La pesca di *Venus verrucosa* L. In Puglia e suoi effetti sulle comunità bentoniche. *Biol. Mar. Medit.*, 5: 444-450.
- Vakily, J.M. 1992. Determination and comparison of bivalve growth, with emphasis on Thailand and other tropical areas. ICLARM Tech. Rep. 36. Manila, 125 pp.
- Valli, G., P. Nodari & D. Castenetto. 1988. Reproduction, biométrie et indices de condition chez *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) du Golfe de Trieste. *Rapp. Comm. in Mer. Médit.*, 31(2): 15.
- Vatova, A. 1928. Compendio della Flora e Fauna del Mare Adriatico presso Rovigno. *Mem. R. Com. Talass. Ital.*, 143: 1-614.
- Vatova, A. 1949. La fauna bentonica dell'Alto e Medio Adriatico. *Nova Thalassia*, 1(3): 3-110
- Vrgoč, N., M. Peharda Uljević & S. Krstulović-Šifner. 2009. Assessment of demersal fish and shellfish stocks commercially exploited in Croatia – Final Output of the European Union's PHARE 2005 Project: EuropeAid/123624/D/SER/HR program. Report, Institute of Oceanography and Fisheries. Split, 172 pp.
- Walker, R.L. & A.J. Power. 2004. Growth and gametogenic cycle of the transverse ark, *Anadara transversa* (Say, 1822) in coastal Georgia. *Am. Malacol. Bull.*, 18: 55-60.
- Wilbur, K.M. & C.M. Yonge. 1964. Physiology of mollusca. Vol. 1. Academic press – N. Y. and London. pp. 242–282.
- WoRMS. World Register of Marine Species. 2012. <http://www.marinespecies.org>, 10.09.2012.
- Yonge, C.M. 1960. Oysters. William Collins Sons & Co Ltd. London, 148 pp.

- Zavodnik, D. 1999. Beskralježnjaci Jadranskog mora (Adriatic Sea invertebrates). In: A. Kutle (ed.), Pregled stanja biološke i krajobrazne raznolikosti Hrvatske sa strategijom i akcijskim planovima zaštite. DUZO, Zagreb. pp. 63-65.
- Zavodnik, D. & A. Šimunović. 1997. Beskralješnjaci morskog dna Jadrana. Svjetlost. Sarajevo, 99 pp.
- Zavodnik, D., M. Legac & T. Gluhak. 2006. An account of the marine fauna of Pag Island (Adriatic Sea, Croatia). Nat. Croat., 15(3): 65-107.

8. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 7. studenog 1982. godine u Splitu gdje završavam osnovnu školu "Meje" i Drugu jezičnu gimnaziju. Akademske godine 2001./2002. upisujem se na dodiplomski studij Sveučilišnog studijskog centra za studije mora Sveučilišta u Splitu. Tijekom studija odradila sam stručnu praksu preko studentske organizacije IAESTE (International Association for the Exchange of Students for Technical Experience) u centru za akvakulturu „Centre for Sustainable Aquaculture Research" (CSAR), Sveučilište u Swansea, Wales, UK (dr.sci. Robin Shields) gdje sam sudjelovala u istraživanju prehrambenih navika i mriješta tropskih morskih riba i peanaednih kozica. Tijekom studija sam također volontirala u Udruzi za prirodu, okoliš i održivi razvoj „Sunce“ gdje sam bila uključena u projekte povezana s inventarizacijom morskih vrsta, staništa i kampanjama za zaštitu mora. Na smjeru Biologija i ekologija mora, diplomirala sam u siječnju 2007. godine s temom 'Rast, starost i struktura populacije bijele dagnje *Modiolus barbatus* (L.) u Malostonskom zaljevu', pod vodstvom doc. dr. sc. Melite Peharde Uljević.

U 2007. godini provela sam 6 mjeseci u „European Research and Project Office GmbH“, Saarbrücken, Njemačka, gdje stječem osnovno znanje o europskim regulativama i radu Europske komisije te Sedmom okvirnom programu i provedbi projekata. Nastavljam raditi kao stručni suradnik za projekte na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih znanosti i kineziologije Sveučilišta u Splitu, Hrvatska, do lipnja 2008. godine. Nakon toga provodim dvije godine radeći u organizaciji „South Eastern Europe Research Oncology Group“ pri Centru za onkologiju u Splitu kao asistent u centralnom uredu „SEEROG-a“. Od svibnja 2010. godine do svibnja 2012. godine radim u javnoj ustanovi Parku prirode Biokovo. Do rujna 2011. obnašala sam dužnost stručnog suradnika biologa – ekologa nakon čega radim u svojstvu stručnog suradnika za projekte. Međusveučilišni poslijediplomski doktorski studij 'Primijenjene znanosti o moru' pri Sveučilištu u Splitu i Sveučilištu u Dubrovniku upisujem u svibnju 2008. godine.

Do sada sam objavila šest znanstvenih radova te sudjelovala na nekoliko domaćih i međunarodnih skupova.

POPIS RADOVA

Kremer, D., R. Jurišić Grubešić, **Z. Popović** & K. Karlović. 2012. Fruit and seed traits of *Berberis croatica* Horvat and *Berberis vulgaris* L.. Acta. Bot. Cro., 71(1): 115-123.

- Peharda, M. C.A. Richardson, I. Mladineo, S. Šestanović, **Z. Popović**, J. Bolotin & N. Vrgoč. 2007. Age, growth and population structure of *Modiolus barbatus* from the Adriatic. Mar. Biol., 151:2: 629-638.
- Peharda, M., **Z. Popović**, D. Ezgeta-Balić, N. Vrgoč, S. Puljas & A. Frankić. 2013. Age and growth of *Venus verrucosa* (Bivalvia: Veneridae) in the eastern Adriatic Sea. Cah. Biol. Mar. (u tisku).
- Popović, Z.** I. Mladineo, D. Ezgeta-Balić, Ž. Trumbić, N. Vrgoč & M. Peharda. 2012. Reproductive cycle and gonad development of *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) in Kaštela Bay, Adriatic Sea, Croatia. Mar. Biol. Res. (u tisku).
- Stagličić, N., M. Hervat, L. Kekez, **Z. Popović**, M. Peharda & N. Vrgoč. 2012. Age and growth of *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) in the northern Adriatic, Pula. In: M. Arko-Pijevac & B. Surina (eds.), Prirodoslovna istraživanja riječkog područja Vol. 2. Prirodoslovni muzej-Rijeka, Prirodoslovna biblioteka, Rijeka. pp. 237-244.
- Šprem, N., N. Fabijanić, K. Protrka, **Z. Popović**, A. Bulić & B. Šabić. 2011. Primjena senzornih kamera u procjeni gustoće populacije divokoze u Parku prirode Biokovo. J. Cent. Eur. Agr., (12): 4: 576-583.

Radovi na znanstvenim skupovima objavljeni u zbornicima skupova

- Hrvat, M., L. Kekez, M. Peharda, **Z. Popović**, N. Stagličić & N. Vrgoč. 2006. Starost i rast prnjavice *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) u sjevernom Jadranu, Pula. In: M. Arko-Pijevac, B. Kružić & M. Kovačić (ed.), Prirodoslovna istraživanja Riječkog područja - II. znanstveni skup s međunarodnim sudjelovanjem – knjiga sažetaka. Prirodoslovni muzej Rijeka, Rijeka. pp. 86-87.
- Mladineo, I., Ž. Trumbić, R. Beck, **Z. Popović** & M. Peharda Uljević. 2011. *Cryptosporidium* sp. and *Giardia* sp. isolated for the first time in warty venus (*Venus verrucosa*) from Kaštela Bay, Adriatic Sea In: I. Mladineo (ed.), Diseases of Fish and Shellfish Abstract book. Dalmacijapapir. Split, 288 pp.
- Popović, Z.** 2011. Biokovo's botanical garden Kotišina. In: K. Protrka, H. Škrabić & S. Srzić (ed.), Znanstveno-stručni skup "Biokovo na razmeđi milenija: razvoj parka prirode u 21. stoljeću", knjiga sažetaka. Javna ustanova Park prirode Biokovo, Makarska, 51 pp.
- Popović, Z.**, K. Protrka, S. Jakša & H. Škrabić. 2011. Biokovo's botanical garden Kotišina, In: S. Kovačić, B. Juretić & D. Mihelj (ed.), Book of abstracts - Simpozija Botaničkih vrtova i arboretuma Hrvatske. Croatian botanical society, Zagreb. pp. 37-50.

- Popović, Z.**, M. Peharda & I. Mladineo 2005. Age, growth and population structure of the *Modiolus barbatus* (Linnaeus 1758) in the Mali Ston Bay, Adriatic Sea. In: J. Ott, M. Stachowitsch & S. Napetschnig (eds.), 40th European Marine Biology Symposium, Abstract book of European Marine Biology Symposium. Beč, 111 pp.
- Stagličić, N., M. Prime, K. Madirazza, D. Brajčić, Ž. Erak, M. Zoko, D. Blažević, K. Jelić, **Z. Popović** & M. Peharda. 2006. Imposex incidence in *Hexaplex trunculus* from the Kaštela bay. In: V. Besenforfer & G. Klobučar (ed.), 9. Hrvatski Biološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem: Zbornik sažetaka. Hrvatsko biološko društvo 1885, Zagreb. pp.319-321.
- Šprem, N.; B. Reindl, K. Protrka, **Z. Popović**, A. Bulić & B. Šabić. 2011. Genetska struktura divokoze *Rupicapra rupicapra* u Parku prirode Biokovo. In: K. Protrka, H. Škrabić & S. Srzić (ed.), Znanstveno-stručni skup "Biokovo na razmeđi milenija: razvoj parka prirode u 21. stoljeću", knjiga sažetaka. Javna ustanova Park prirode Biokovo, Makarska. pp. 44-45.