

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA AKVAKULTURU
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Vedran Kunica

Komercijalna kvaliteta male kapice *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758)
uzgajane u raznim tehnološkim sustavima

DIPLOMSKI RAD

Dubrovnik, 2013.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA AKVAKULTURU
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Vedran Kunica

Komercijalna kvaliteta male kapice *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758)
uzgajane u raznim tehnološkim sustavima

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

doc. dr. sc. Ana Gavrilović

Komentor:

doc. dr. sc. Jurica Jug-Dujaković

Dubrovnik, 2013.

Ovaj diplomski rad izrađen je pod stručnim vodstvom doc. dr. sc. Ane Gavrilović i komentora doc. dr. sc. Jurica Jug Dujaković, u sklopu diplomskog studija Marikultura na Odjelu za akvakulturu Sveučilišta u Dubrovniku. Rad je izveden u Tehnološkom i poslovno inovacijskom centru za marikulturu – MARIBIC.

ZAHVALE

Ovaj rad izrađen je u Tehnološkom i poslovno-inovacijskom centru za marikulturu MARIBIC, Sveučilišta u Dubrovniku, na Bistrini. Posebno se zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Ani Gavrilović i komentoru doc. dr.sc. Jurici Jugu-Dujakoviću na stvaranju uvjeta za izradu ovog rada, korisnim savjetima i iznimnoj pomoći u izradi svakog dijela ovog rada. Zahvaljujem se kolegici Ani Ljubičić, mag. ing. maricult., na savjetima i pomoći tijekom praktičnog dijela izrade rada kao i dr. sc. Alexisu Conidesu na pomoći pri statističkoj obradi podataka.

KAZALO

1. UVOD.....	1
1. 1. Komercijalni značaj razvoja tehnologije uzgoja češljača	1
1. 2. Mala kapica <i>Chlamys varia</i> (Linnaeus, 1758).....	2
1. 2. 1. Rasprostranjenost	2
1. 2. 2. Osnovne morfološke i fiziološke karakteristike	3
1. 2. 3. Rast, reprodukcija i kvaliteta mekog tkiva	5
1. 3. Tehnologija uzgoja češljača i problemi u proizvodnji	7
1. 3. 1. Tehnologija uzgoja češljača	7
1. 3. 2. Problemni u proizvodnji češljača	9
2. METODIKA RADA.....	10
2. 1. Organizacija uzorkovanja i karakteristike područja na kojem su školjkaši za pokus prikupljeni.....	10
2. 2. Priprema i izvođenje pokusa	11
2. 2. 1. Priprema uzgojnih sustava.....	11
2. 2. 2. Označavanje školjkaša i naseljavanje pokusnih jedinki u uzgojne sustave.....	14
2. 2. 3. Tijek pokusa	15
2. 2. 4. Određivanje indeksa kondicije	16
2. 2. 5. Praćenje reproduktivnog ciklusa izradom otisaka tkiva gonada.....	18
2. 2. 6. Preživljavanje male kapice u recirkulacijskom sustavu pri različitoj temperaturi	18
2. 2. 7. Statistička obrada podataka	19
3. REZULTATI.....	20
3. 1. Hidrografski parametri u različitim uzgojnim sustavima	20
3. 2. Preživljavanje jedinki u različitim uzgojnim sustavima.....	21
3. 3. Parametri rasta jedinki tijekom pokusa	21
3. 3. 1. Rezultati mjerena parametara rasta u pojedinačnim uzgojnim sustavima.....	21
3. 3. 2. Prikaz alometrijskih odnosa parametara rasta u pojedinim uzgojnim sustavima	26
3. 4. Indeks kondicije.....	31
3. 5. Otisci tkiva gonada	34
3. 6. Stopa preživljavanja male kapice u recirkulacijskom sustavu pri različitim vrijednostima temperature morske vode.....	35
5. ZAKLJUČCI.....	40
6. LITERATURA.....	42

SAŽETAK

Komercijalna kvaliteta male kapice *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758) uzgajane u raznim tehnološkim sustavima

Mala kapica, *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758) komercijalno je interesantna vrsta školjkaša koji se za sada ne uzgaja, već na tržište dolazi izlovljavanjem iz prirodnih populacija. Kako tehnologija komercijalnog uzgoja ove vrste nije definirana, željelo se dobiti što potpunije podatke o stupnju preživljavanja, pokazateljima rasta i kvalitete mesa u nekoliko različitih uzgojnih sustava (tankovi recirkulacijskog sustava, pridneni kavezni, lanterne na uzgojnim linijama za školjkaše postavljene na četiri i osam m dubine). Jedinke za pokus sakupljene su u Malostonskom zaljevu tijekom zime i proljeća 2012. god., te krajem travnja iste godine naseljene na uzgojne sustave. Pokus je proveden u duplikatu, a trajao je do početka studenog. Najbolje preživljavanje do kraja pokusa (27%) utvrđeno je u recirkulacijskom sustavu, dok je vjerojatno zbog visoke temperature ambijentalne morske vode, u lipnju utvrđen 100%-tni mortalitet jedinki u lanternama na četiri m dubine, a u srpnju u pridnenim kavezima i lanternama na osam metara dubine. Ova prepostavka potvrđena je naknadnim pokusom preživljavanja jedinki pri različitim temperaturama (20°C i 24°C) u recirkulacijskom sustavu. U razdoblju 1.5.2012. – 1.7.2012. god. najveći prirast u dužinu utvrđen je u lanternama na osam m dubine (1,57 mm i 1,54 mm). Rezultati PCA analize pokazali su dvije slične skupine s obzirom na visinski prirast: recirkulacijski uzgojni sustav i lanterne na osam metara dubine. Prirast u širinu i visinu statistički se značajno razlikovao čak i u istom uzgojnem sustavu za sve tri primijenjene uzgojne tehnologije, s tim da je ta razlika za prirast u širinu kod uzgoja u lanternama manja u odnosu na druga dva uzgojna sustava. Indeks kondicije školjkaša također se značajno razlikovao u srpnju u ovisnosti o uzgojnom sustavu (ANOVA, $p<0,05$). Najveća srednja vrijednost indeksa kondicije (CI) po Mann-u (1978) utvrđena je u lanternama (155,4), dok je najniža bila u recirkulacijskom sustavu (102,9). Vrijednosti indeksa mesa po Fleury i sur. (2003) pokazali su drugačije varijacije od CI, ali su najviše vrijednosti također utvrđene u lanternama postavljenim na 8m dubine. Pregledom otisaka tkiva gonada utvrđeno je da do mriještenja dolazi početkom svibnja, a u recirkulacijskom sustavu i u jesen.

S obzirom na rezultate istraživanja dalo bi se zaključiti da Malostonski zaljev zbog visokih ljetnih temperatura, ne predstavlja područje pogodno za uzgoj male kapice. Međutim pokusni uzgoj u potpuno kontroliranim uvjetima u zatvorenom recirkulacijskom sustavu

pokazao je obećavajuće rezultate, te je potrebno provesti dalja istraživanja, kako bi se ova uzgojna tehnologija optimizirala.

Ključne riječi: mala kapica, *Chlamis varia*, rast, indeks kondicije, tehnologija uzgoja, komercijalna kvaliteta

ABSTRACT

Commercial Quality of Black Scallop, *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758) Raised in Different Technological Systems

Black scallop, *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758) is commercially interesting shellfish species which is presently not being raised, and it comes to the market from the wild catch. As the technology of its cultivation has not been defined, with our study we wanted to get valid data on survival, growth and meat quality, in several different cultivation systems (recirculation system, bottom cages, lanterns on “long lines” for shellfish cultivation placed on the depth of 3 and 8 meters). Shellfish for the research were collected in the Bay of Mali Ston during the winter and spring of 2012. Collected specimens were settled on the cultivation systems at the end of April 2012. The experiment was conducted in duplicate, and lasted till the beginning of November 2012. Best survival (27%) was determined in the recirculation system, while 100% mortality was determined in lanterns at a depth of 4 meters in June, and in bottom cages and lanterns at 8 meters in July, presumably due to the extremely high ambient sea temperature in that period. This assumption was confirmed by subsequent experiments of survival of black scallop at different temperatures (20 and 24 degrees C) in the recirculation system. In the period of May 1. to July 1. 2012. the largest increase in length was determined in the lanterns at the depth of 8 meters (1.57 mm and 1.54 mm). The results of PCA analyses showed two similar groups with respect to the height increment: recirculation system and lantern placed at the depth of 8 meters. Increase in the width and height was significantly statistically different even in the same cultivation system for all three technologies applied, but the difference for the height increment in lanterns was smaller in relation to two others cultivation systems. Condition index was also significantly different in July in relation to the cultivation system (ANOVA, $p<0.05$). The highest mean value of the condition index (CI) according to Mann (1987) was determined in lanterns (155.4), and the lowest in the recirculation system (102.9). Values of the meat index according to Fleury and all (2003) showed different variation from CI, but the highest values were also determined in the lanterns placed at 8 meters. By examination of the prints of the gonad tissue it was determined that the spawning occurs in the beginning of May. In the recirculation system spawning was determined in the fall also.

Considering the results of this study it may be concluded that the Bay of Mali Ston, because of high summer temperature, does not represent the area suitable for the cultivation of black scallop. Unlike that, experimental breeding in completely controlled conditions of the

closed recirculation system showed promising results, but further investigations are needed for the optimization of that technology.

Key words: Black Scallop, *Chlamis varia*, growth, condition index, farming technology, commercial quality

1.UVOD

1.1. Komercijalni značaj razvoja tehnologije uzgoja češljača

Porodica Pectenidae (češljače), kojoj pripada i mala kapica *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758), rasprostranjena je u gotovo svim morima i oceanima. Školjkaši ove porodice vrlo su cijenjeni na tržištu te se u razvoju tehnologije uzgoja ulažu veliki napor. Danas je poznato oko 360 vrsta češljača od kojih se 33 komercijalno eksploriraju. U usporedbi s kamenicama, dagnjama i kućicama komercijalni uzgoj češljača je relativno nov. Svjetska akvakulturna proizvodnja češljača udvostručena je u zadnjem desetljeću prošlog stoljeća do količine od 1.7 milijuna tona, na kojoj se održala do danas, zahvaljujući ponajprije rastu proizvodnje u Japanu i Kini, zemljama koje danas u svijetu prednjače u navedenoj djelatnosti. Iako je češljača *Patinopecten yessoensis* (Jay, 1857) najzastupljenija vrsta ove skupine u svjetskoj proizvodnji, ne smiju se zaboraviti da i druge vrste, kao npr. *Argopecten irradians* (Lamarck, 1819) - alohtona vrsta introducirana 1982. godine i *Chlamys farreri* (Jones et Preston, 1904) značajno sudjeluju u kineskoj školjkarskoj proizvodnji. Oko 3/4 svjetske proizvodnje češljača potječe iz akvakulture. Jedina značajnija vrsta koja se izlovljava na sjeverozapadnim obalama Atlantika, Kanadi i SAD- u je *Placopecten magellanicus* (FAO, 1988).

Uspjeh japanskih uzgajivača pobudio je interes za uzgoj češljača u Europi 70-ih godina prošlog stoljeća (Dao i Carval, 1999). Najveći interes pokazan je za uzgoj vrsta *Pecten maximus* (Linnaeus, 1758), *Aeqipecten opercularis* (Linnaeus, 1758), *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758.), *Chlamys islandica* (Müller, 1776) i *Flexopecten flexosus* (Poli, 1795). Te vrste obitavaju u Atlantiku, Mediteranu i Sjevernom moru. Trenutno je uzgoj češljača na razini razvoja industrijske proizvodnje u Francuskoj, Norveškoj, Irskoj, Italiji te Španjolskoj. Komercijalna proizvodnja je još uvijek niska, oko 500 tona godišnje (Shumway i Parsons, 2006).

Na istočnoj obali Jadrana kontrolirani uzgoj češljača ne postoji već se iz prirodnih staništa izlovljavaju sezonski, sporadično i neorganizirano (Marguš, 2005). Izlovljavanje prirodnih naselja češljača, najvećim dijelom vrsta *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) i *Chlamys varia* odvija se uglavnom na lokalitetima Istre te u manjoj mjeri u Novigradskom moru i ušću Krke. Godišnji ulov je tako osamdesetih godina 20. stoljeća bio od vrlo male gospodarske važnosti i iznosio je tek oko 10 tona. Međutim, postoje naznake da se radilo o višestruko većim

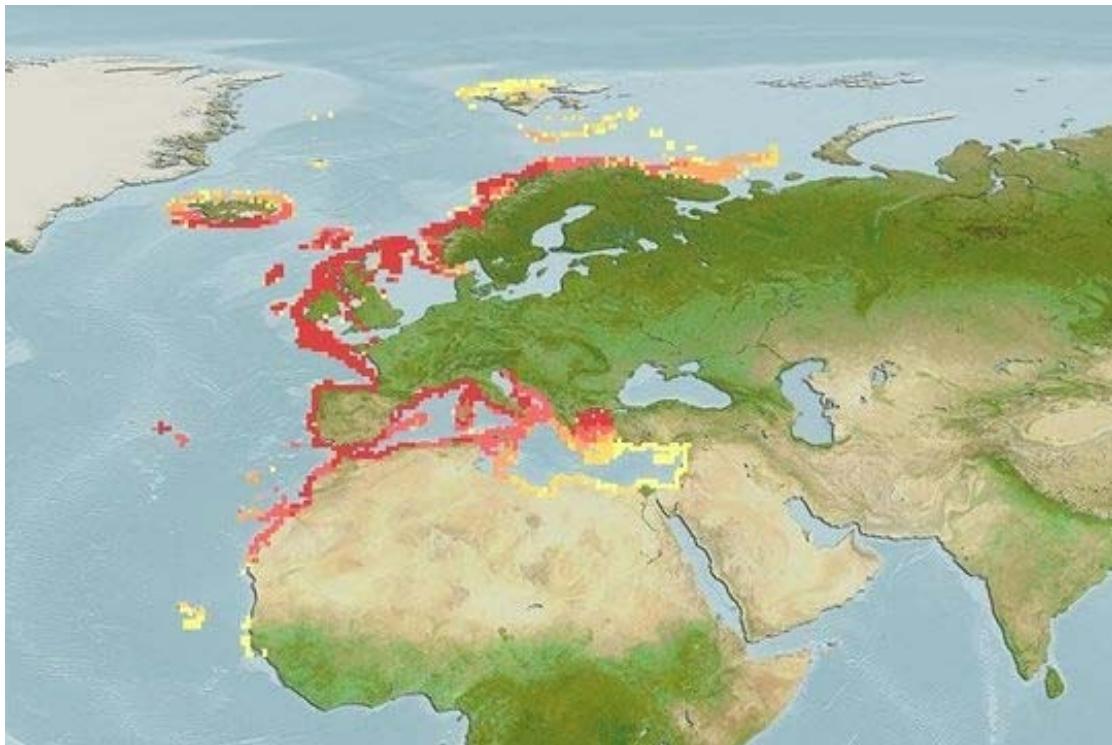
količinama pa neke procjene u razdoblju od 1985. do 1989. godine govore da je taj izlov samo u estuariju Krke iznosio oko 50 tona. Količina izlova je nepredvidiva i neujednačena, a poznata lovišta uglavnom su prelovljena (Marguš, 1991).

Pored jakovske kapice, kojoj se do sada na prostorima Europe posvećivala veća pozornost, i mala kapica *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758.) komercijalno je interesantna vrsta školjkaša. Gastronomski je vrlo cijenjena. Jede se prijesna i kuhanja, a priprema kao jakovska kapica (Grubišić, 1990). Godišnji izlov ove vrste u Hrvatskoj iznosi oko tri tone (Zavodnik i Šimunović, 1997). Rezultati preliminarnih istraživanja pokazali su da je ovaj školjkaš potencijalni kandidat za uvođenje u uzgoj s obzirom na brzi rast (Conan, 1978; Goslingi Burnell, 1988). U Malostonskom zaljevu predstavlja autohtonu vrstu, te bi razvoj tehnologije komercijalnog uzgoja bio izuzetno značajan sa stajališta diversifikacije akvakulture proizvodnje u ovom području, a i šire na jugoistočnoj obali Jadrana. Stoga je cilj ovoga rada bio dobiti što više podataka o komercijalnoj kvaliteti vrste, odnosno o brzini rasta, stupnju preživljavanja i kvaliteti mekog tkiva u nekoliko različitih tehnoloških uzgojnih sustava.

1.2. Mala kapica *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758)

1.2.1. Rasprostranjenost

Mala kapica je školjkaš rasprostranjen od otočja Lofoten u Norveškoj do juga Mauritanije u Africi. Uobičajeno se nalazi u Mediteranu, Crvenom moru i Adenskom zaljevu (Poppe i Goto, 1993). Iako preživljava u većim dubinama, guste populacije javljaju se samo u zaklonjenim uvalama i u plitkim vodama do 10 m dubine (Shumway i Parsons, 2006). Iako je sposoban plivati, većinu života provodi pričvršćen bisusom za podlogu. Najčešće naseljava ljuštare drugih organizama, oblutke, grebene ili krupni pjesak (Rodhouse, 1979). Česti su nalazi u krupnim nakupinama s bijelom dagnjom *Modiolus modiolus* (Linnaeus, 1758) i kamenicom *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) (Burnell, 1983).



Slika 1. Geografska rasprostranjenost male kapice *Chlamys varia* (izvor: <http://www.fao.org>).

1.2.2. Osnovne morfološke i fiziološke karakteristike

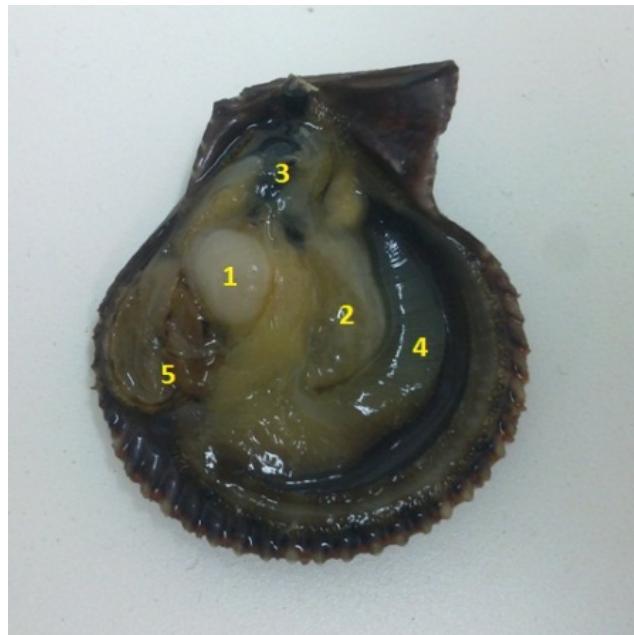
Mala kapica je ovalno izduženog oblika, s dva ušna nastavka („uške“) različite dužine. Prednji (anteriorni) nastavak, na kojem se nalazi veliki bisusni izrez i zubići, dva do tri puta je duži od stražnjeg (posteriornog) (slika 2). Obje su ljuštture konveksne, pri čemu lijeva (gornja) nešto malo više od desne (donje). Najduža osovina rijetko prelazi 60 mm dužine. Boja ljuštture je raznolika: crvena, narančasta, bijela, žuta, ružičasta, smeđa, purpurna, tamno zelena do gotovo crna i često nepravilno išarana u raznim bojama. Obje ljuštture imaju od 25 do 35 radijalnih rebara, a linije rasta su ponekad jasno vidljive (slika2). S obzirom na način života, ljuštura je često prekrivena raznim epizotima (Zavodnik i Šimunović, 1997; Burnell, 1983).



Slika 2. Vanjski izgled male kapice *Chlamys varia* (izvor: <http://www.liceofoscarini.it>)

Unutar ljuštura nalazi se plašt (slika 3). Sastoji od dva velika bočna nabora - lijevog i desnog koji u potpunosti obavijaju ostatak mekog tkiva školjkaša. Mišić zatvarač nalazi se u neposrednoj blizini centra ljuštura. Viceralna masa zauzima većinu unutrašnjosti plaštane šupljine, a smještena je iznad škrga, aduktora i zgloba. Obuhvaća želudac s probavnom žlijezdom, crijevo, srce, bubrege i gonade. Gonade su oblika polumjeseca, a smještene su anteriorno od mišića zatvarača. Kada su zrele, testisi su krem, a jajnici jarko narančaste boje i mogu se lako razlikovati golim okom (Shumway i Parsons, 2006).

Škrge su parni organ (lijeva i desna škrga) koji pored dišne funkcije predstavlja i organ za filtriranje hrane (slika 3). Hrana selektirana na škrgama cilijarnim se putevima provodi do usnih palpa, koje ju zatim dalje selektiraju i usmjeravaju u usta. U usta unesene čestice hrane se potom kroz kratki jednjak usmjeravaju u želudac, gdje započinje izvanstanična probava. Jedan dio čestica se složenim želučanim žlijebovima usmjerava direktno u crijevo, u kojem se nastavlja izvanstanična probava i obavlja resorpcija. Crijevo je dugačko i zavojito, a sastoji se od srednjeg i stražnjeg dijela te rektuma koji je smješten u ekshalantnoj komori. Na stražnjem kraju želuca, neposredno iznad početnog dijela crijeva, smješteno je vrećasto proširenje želuca - vreća kristalnog štapića. Uloga sluznice ovog dijela je lučenje kristalnog štapića. Trepetljike njezine sluznice ujedno okreću kristalni štapić oko svoje osi i pritom pomažu miješanju želučanog sadržaja s enzymima želuca i onim koji se oslobođaju pri otapanju kristalnog štapića. Sitnije čestice hrane se iz želuca usmjeravaju preko probavnih kanala u probavnu žlijezdu na unutarstaničnu probavu. Ova žlijezda u potpunosti obavija želudac (Jørgensen, 1990; Gosling, 2003; Boucaud-Camou i Henry, 2003; Shumway i Parsons, 2006; Gavrilović, 2011a).



Slika 3. Anatomska građa male kapice *Chlamys varia*(1. Mišić zatvarač; 2. Stopalo s gonadom; 3. Probavna žlijezda; 4. Škrge; 5. Plašt)(foto:MARIBIC)

Mala kapica hrani se fitoplanktonom, zooplanktonom, bakterijama i detritusom. Od fitoplanktonske hranenajveći dio čine dijatomeje. Intenzitet filtracije ovisi o dobu dana, količini dostupne hrane i fizikalno-kemijskim svojstvima ambijentalne morske vode. Pored organske, u organizam se unosi i određena količina anorganske tvari, koja pomaže „mravljenju“ i iskoristivosti hrane (Shumway i Parsons, 2006; Gosling, 2003).

1.2.3. Rast, reprodukcija i kvaliteta mekog tkiva

Rast, reprodukcija i kvaliteta mekog tkiva školjkaša, koja se obično mjeri indeksom kondicije, predstavljaju osnovne značajke njihove komercijalne kvalitete. Vrijednosti navedenih pokazatelja najčešće ovise o interakciji okolišnih čimbenika. To su u prvom redu fizikalno- kemijski parametri kvalitete uzgojne sredine, količina hrane i uzgojna tehnologija (Shumway i Parsons, 2006; Gavrilović i sur., 2008; 2011b; 2011c). Istraživanja provedena na češljačama pokazala su da količina dostupne hrane ima veći utjecaj na rast od temperature morske vode kod vrsta umjerenog pojasa, kao i onih koje nastanjuju hladna mora. Školjkaši ove porodice toleriraju temperature od 0 do 18°C i salinitete od 25 do 32 psu. Optimalna temperatura je oko 12°C, a salinitet preko 31 psu. Temperature morske vode veće od 18°C,

posebno u ljetnom periodu, predstavljaju snažan stresor i uzrokuju nepoželjne fiziološke odgovore organizma. Kapice su generalno jako osjetljive na niske vrijednosti saliniteta, jer nisu u mogućnosti držati ljušturu zatvorenom duže vrijeme. Salinitet ispod 16 psu je letalan, dok vrijednosti između 16 i 21 psu uzrokuju katatonički šok (Shumway i Parsons, 2006).

Vrsta *C.varia* naizmjenični je protoandrični hermafrodit. Spolno sazrijeva pri dužini ljuštute 18 - 27 mm (Lubet, 1959; Shafee i Lucas, 1980; Rodriguez i sur., 1993). Obično postoji nepravilnost u omjeru spolova, mužjaci dominiraju među manjim, a ženke među većim jedinkama (Lucas, 1965). Temperatura ambijentalne morske vode i količina dostupne hrane, dva su ekološka čimbenika koji najviše utječu na reprodukciju češljača. Obično se u literaturi opisuju dva godišnja razdoblja mriještenja koja su u korelaciji s ovim faktorima (Conan i Shaffee, 1978; Sastry, 1979; Burnell, 1983). U većini slučajeva su pritom postojale vremenske razlike u sezoni mriještenja. Razlike su utvrđene i na istim geografskim područjima ovisno o godini (Burnell, 1983; Shafe and Lucas, 1980). Prema Margušu i sur. (2005) sposobnost obnavljanja populacija male kapice varira u vremenu i prostoru, ovisno o sezonskoj dinamici fizikalnih i kemijskih čimbenika morske vode i toleranciji vrste.

Na istočnoj obali Jadrana istraživanja prirodnih staništa, rasprostranjenosti, abundancije i uzrasne strukture male kapice obavljena su u prošlom stoljeću na samo dva lokaliteta:

1. na sjevernom Jadranu, u okviru programa istraživanja koćarskih naselja (Piccinetti i sur., 1986) i
2. na ušću rijeke Krke, kao integralni dio programa istraživanja ušća (Marguš, 1985, 1990, 1991).

U pokusnom uzgoju obavljenom na ušću Krke male kapice srednje veličine od $16,4 \pm 2,1$ do $17,6 \pm 2,2$ mm i srednje mase 0,95 do 1,35 g, nakon godinu dana postigle su srednju veličinu od $42,7 \pm 3,2$ do $47,5 \pm 3,0$ mm i srednju masu od 12,1 do 17,5 g (Marguš i sur., 2005). Na istom području su vrijednosti indeksa kondicije (po Bairdu) ove vrste školjkaša bile visoke u cijelome zimskom razdoblju, s maksimumom od 87,4% u veljači. Nakon veljače vrijednost indeksa kondicije pada, da bi u svibnju postigla najnižu vrijednost od 66,1%. Od svibnja vrijednost indeksa kondicije ponovno raste do rujna, kada iznosi 89,3%. U listopadu ponovno pada na vrijednost 70,9% (Marguš i sur., 1993).

1.3.Tehnologija uzgoja češljača i problemi u proizvodnji

1.3.1. Tehnologija uzgoja češljača

Neujednačena i nepredvidiva svjetska proizvodnja različitih vrsta školjkaša iz porodice Pectinidae temeljena je uglavnom na izlovu iz prirodnih populacija. Opasnost od mogućega prelova na brojnim gospodarski važnim lokalitetima, potaknula je razvoj tehnologije njihova kontroliranog uzgoja. Pionirski rad na ovoj problematici započeo je u Japanu tridesetih godina prošlog stoljeća (Imai, 1977). Potkraj šezdesetih godina utemeljena je u zaljevu Mutsu "standardna" tehnika kontroliranog uzgoja češljače *Patinopecten yessoensis* ("Japanese scallop"), koja je uz određene preinake, ovisno o značajkama uzgojnog okoliša, prihvaćena u cijelom svijetu (Ventilla, 1982; Marguš, 1988; 1989; 1989a).

Proces uzgoja počinje s proizvodnjom ili kolektiranjem mlađi. Za sakupljanje mlađi iz prirodne sredine postavljuju se vreće napunjene mrežom od jednostrukih vlakana. Ova metoda proširena je u cijelom svijetu. Da bi prihvati bio što uspješniji, polaganje kolektora popraćeno je intenzivnim praćenjem temperature morske vode, indeksa gonada češljača, te broja i veličine ličinki. Smatra se da do naseljavanja ličinki na kolektore dolazi kad je 50% ličinki u uzorku veće od 200 µm. Idealan prihvati je nekoliko tisuća juvenilnih jedinki po vreći, jer prevelika gustoća na kolektoru uzrokuje reducirani rast i povećanu smrtnost mlađi, što predstavlja neučinkovito korištenje resursa. Kolektori se općenito vješaju u sredini vodenog stupca (FAO, 1988).

Za uzgoj iznad dna najčešće se koriste dvije tehnike, uzgoj u mrežama i "ear hanging" metoda. Tijekom ljeta (srpanj-rujan) mlađ veličine cca 5 mm skida se s kolektora, i nakon sortiranja po veličini prebacuje u tzv. biserne mreže (pearl net), cca 100 komada po mreži. Par mjeseci kasnije gustoća nasada u mrežama smanjuje na 20-50 komada. Mlađ se još jednom, kad dosegne veličinu od oko 30 mm, prebacuje u novu vrstu mreža (lantern net) koje su veće od prethodnih i podijeljene na 5 - 10 razina (slika 4). Konzumna veličina do sada uzbudjanih većih vrsta iz ove skupine iznosi 100 mm i jedinke ju dostižu za manje od dvije godine. U nekim područjima popularna je metoda uzgoja češljača u tzv. džepnim mrežama (pocket nets) (FAO, 1988).



Slika 4. Uzgoj češljača u mrežama (lantern nets) iznad dna (izvor:
<http://seawebvoicesinaction.blogspot.com>)

Tehnika uzgoja "ear hanging" je tradicionalna japanska metoda prvi put upotrijebljena 50-ih godina prošlog stoljeća. Rupa promjera 1,0 do 1,5 mm promjera buši se na prednjoj uški ljušturi češljača starih oko godinu dana (veličine 40-60 mm). Kroz rupu se provlači sintetički konopčić ili čelična udica. Ova popularna metoda uzgoja koristi se u zaštićenim lokacijama do 10 m dubine. Školjkaši uzbunjani na ovaj način brže rastu, bolje preživljavaju i pravilnijeg su oblika od onih uzbunjanih iznad dna drugim metodama. Međutim proces uzgoja je komplikiraniji i zahtijeva znatno više rada, uz to je i količina obraštaja vrlo velika, tako da stalno čišćenje i održavanje značajno povećavaju cijenu gotovog proizvoda (FAO, 1988).

U tehnologiji uzgoja na dnu češljače veličine 30 mm najčešće se nasadjuju se na morsko dno prethodno dredanjem očišćeno od zvjezdača. U Japanu se ovaj način uzgoja najviše provodi na otoku Hokkaido na pješčanom dnu do 40 m dubine. Gustoća nasada je otprilike pet školjkaša po četvornom metru dna. Tržišnu veličinu od 100 mm, školjkaši ostvaruju razdoblju između 2.5 i 3.5 godine sa stopom preživljavanja preko 30%. Veća gustoća nasada usporava rast, ali općenito za razliku od uzgoja iznad dna, ovdje nema školjkaša s deformiranim ljušturama. Izlovljavaju se dredanjem (FAO, 1988).

1. 3.2. Problemi u proizvodnji češljača

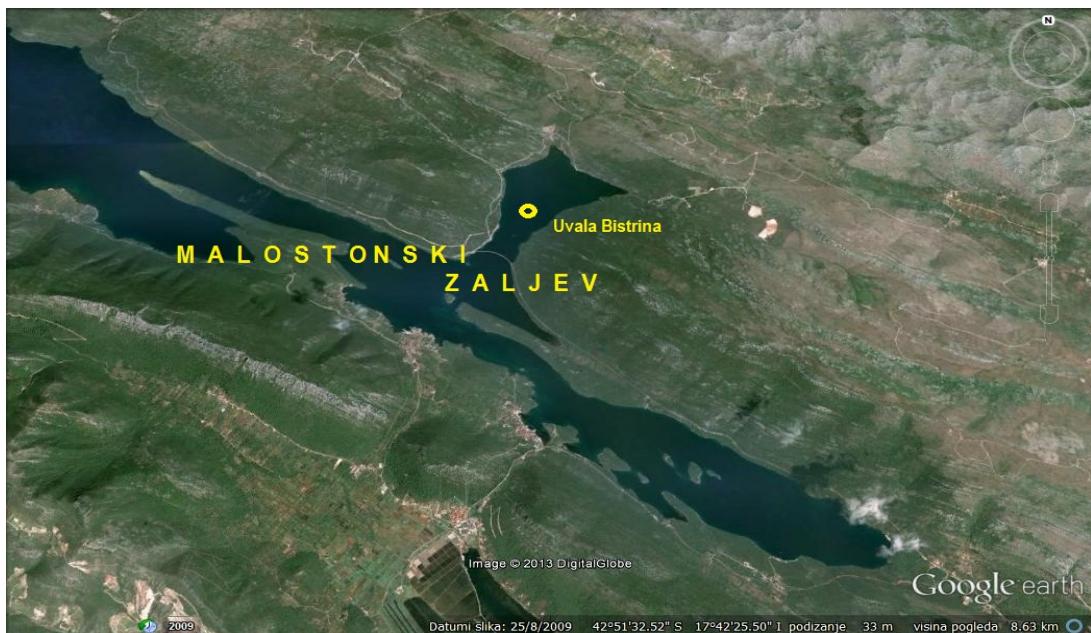
Od 19 zemalja u kojima se ovi školjkaši uzgajaju, jedino je u Kini, Japanu i Čileu razvijen značajan komercijalni uzgoj. Spori razvoj ove djelatnosti u drugim zemljama odražava sve probleme biološke, zakonske i ekonomske naravi, s kojima se suočava suvremena marikulturalna industrija. U većini zemalja proizvođača češljača, zbog velikih varijacija u prostorno-vremenskoj raspodjeli mlađi u lovnim zonama, nema ujednačenog izlova (Spencer, 2002). U mrjestilištima se često javlja visoki mortalitet ličinki izazvan bakterijskim oboljenjima (Nicolas i sur. 1996).

Uz prethodno navedeno, velike probleme u proizvodnji predstavljaju: predacija od strane raznih organizama, obraštaj na opremi i školjkašima u uzgoju iznad dna, disperzija uzgojnih populacija, jer češljače mogu otplivati s uzgojnih parcela bježeći od neodgovarajućih uvjeta sredine, predacije, prevelike gustoće nasada, neodgovarajuće podloge ili neodgovarajućih ambijentalnih uvjeta. Vremenske nepogode također izazivaju štete na uzgojnim instalacijama (uzgoj iznad dna), što je često posljedica lošeg izbora lokacije uzgajališta (Spencer, 2002).

2. METODIKA RADA

2.1. Organizacija uzorkovanja i karakteristike područja na kojem su školjkaši za pokus prikupljeni

Pokusni uzgoj 1600 jedinki male kapice prikupljenih na širem području Malostonskog zaljeva proveden je u uvali Bistrina u središnjem dijelu zaljeva. Većina školjkaša prikupljena je na plutajućim uzbunjalištima kamenica zbog činjenice da se ličinke male kapice uspješno prihvataju za uzgojne instalacije, pergolare te posebno uspješno za plastične kolektore namijenjene za prihvat kamenica. Sakupljanje je obavljeno tijekom prvog kvartala 2012. godine uklanjanjem jedinki tijekom svakodnevnih radova na uzbunjalištima, dok je manji dio jedinki prikupljen ronjenjem. Prikupljeni školjkaši su do početka pokusa (kraj travnja 2012. godine) držani u lanternama (lantern nets) na plutajućim parkovima u uvali Bistrina (Slika 5).



Slika 5. Malostonski zaljev s prikazom položaja uvale Bisrtina

Malostonski zaljev je zbog svojih geomorfoloških karakteristika i položaja u Jadranskom moru jedinstven s obzirom na hidrografske prilike. S jedne strane, utjecaj otvorenog mora evidentan je i na unutrašnjim postajama, a s druge strane tu je i utjecaj rijeke Neretve, brojnih podvodnih izvora (vrulja) i oborina koje ispiru strme obale, donoseći sa

sobom mineralne tvari i organski detritus i na taj način utječu na relativno uzak i plitak zaljev (Kršinić i Mušin, 1981).

Istraživanja osnovnih hidrografskih parametara: temperature, saliniteta, koncentracije otopljenog kisika, prozirnosti i morskih struja pokazala su da je Malostonski zaljev izuzetno složeno područje, s velikim vremenskim i prostornim oscilacijama navedenih parametara. Godišnje ekstremne vrijednosti temperature su na površini. S porastom dubine godišnji raspon vrijednosti se smanjuje. U vanjskom dijelu zaljeva površinske temperature su rijetko ispod 10°C , međutim za vrijeme jakih zima, u plitkim dijelovima unutrašnjeg dijela zaljeva površinske temperature se mogu približiti 0°C . Ovako niske temperature morske vode, pogotovo ako traju duže vremena mogu biti pogubne za školjkaše i ribe u uzgoju. Najviša temperatura kreće se ljeti od 23°C do $26,6^{\circ}\text{ C}$ na površini zaljeva (Balenović, 1981; Šimunović, 1981; IOR, Dubrovnik 2003; MARIBIC, 2010).

Na osnovi mjerjenja primarne proizvodnje, gustoće i biomase fitoplanktona, Malostonski zaljev može se karakterizirati kao područje relativno visoke proizvodnje. Prosječna dnevna proizvodnja od $40,5\text{ mg C/m}^3$ u sloju $0 - 10\text{ m}$ predstavlja za oko sedam puta višu vrijednost od prosječne vrijednosti za otvorene vode srednjeg Jadrana u istom razdoblju (Marasović i Pucher-Petković 1981). Prema karakteristikama fitoplanktona i bakterioplanktona Malostonski zaljev ima relativno stabilan ekosustav s idealnim uvjetima za razvoj marikulture (Viličić, 1981).

2.2. Priprema i izvođenje pokusa

2.2.1. Priprema uzgojnih sustava

Neposredno prije početka pokusa, pripremljeni su uzgojni sustavi u koje su nakon označavanja naseljene pokusne jedinke male kapice.

Pokus je obavljan u duplikatu u tri različita uzgojna sustava:

- recirkulacijskom
- pridnenim kavezima
- lanternama na uzgojnim linijama za školjkaše postavljenim na 4 i 8 m dubine.

Recirkulacijski sustav posebno je dizajniran u mrjestilištu MARIBIC-a kako bi se jedinkama osigurali uvjeti što sličniji prirodnim. Izrađena su dva takva sustava u četvrtastim tankovima volumena 700 L. Na dno svakog tanka postavljene su plastične kašete, s tim da im je dno okrenuto prema vrhu tanka. Na kašete je potom postavljeno nekoliko slojeva kamenja različite granulacije. Donji sloj je načinjen od najvećeg kamenja, potom je postavljen sloj šljunka, dok je gornji sloj bio pjesak. Između šljunka i pjeska je postavljena planktonska mrežica kako bi se pjesak zadržao u gornjem sloju. Konstantna cirkulacija vode u tanku i aeracija osigurane su pomoću četiri „air-lift“ pumpa, od kojih je po jedna postavljena na svaki kut tanka. Iznad pješčane podloge postavljena je plastična mreža na koju su se, kao i u prirodi, naseljavale kapice. Nakon izrade recirkulacijskog sustava, tankovi su napunjeni morskom vodom čiji je nivo bio otprilike 10 cm iznad plastične mreže. Potom su u tank dodane nitrifikacijske bakterije, kako bi se naselile na supstrat (kamenje različite granulacije) koji je pored mehaničke filtracije imao ulogu i biofiltra. Da bi se biofilter što prije aktivirao, bakterije su hranjene amonijakom(Slika 6).



Slika 6. Recirkulacijski sustav za uzgoj male kapice (foto:MARIBIC)

Pridneni uzgoj obavljen je u posebno dizajniranim kavezima. Dno i donjih 20 cm postranog dijela kaveza napravljeni su od nehrđajućeg čelika, dok je ostatak obložen sa zaštitnom mrežom. Kavezi se zatvaraju mrežastim poklopcem koji onemogućuje bijeg školjkaša i sprječava štete od predavatora. Zaštitna mreža kojom su kavezi postrano obloženi i poklopljeni ujedno omogućuje cirkuliranje morske vode i smanjuje nakupljanje obraštaja na jedinkama. Ovakva dva kaveza dimenzija 140x70x60 cm postavljena su u Bistrini na osam metra dubine. Donji dio kaveza napunjen je pijeskom koji je fiksirao kaveze i ujedno, uz mrežu, služio kao prirodni supstrat jedinkama (Slika 7).



Slika 7. Kavez za pridneni uzgoj školjkaša(foto:MARIBIC)

Za uzgoj iznad dna korištene su posebne lanterne („lantern net“) s pet odjeljaka, od kojih svaki odjeljak ima zaseban otvor za manipulaciju. Osnovu lanterni čine konstrukcijski metalni prstenovi obloženi plastikom i povezani nosivim konopima. Između katova i s vanjske strane prstenova postavljena je mreža. Kao i kod kaveza, mreža onemogućuje bijeg školjkaša, štete od predavatora te osigurava cirkulaciju morske vode i smanjuje naseljavanje

obraštajnih organizama na ljušturama male kapice. Mreže su postavljene na plutajuće instalacije unutar MARIBIC-ovog uzgajališta školjkaša, i to po dvije na svakoj istraživanoj dubini (4 i 8 m)(Slika 8).



Slika 8. Lanterna za uzgoj školjkaša (lantern net) s pet razina(foto:MARIBIC)

2.2.2. Označavanje školjkaša i naseljavanje pokusnih jedinki u uzgojne sustave

Neposredno nakon pripreme uzgojnih sustava svi školjkaši (1600 jedinki) očišćeni su od obraštaja te je potom 400 jedinki je označeno. Označavanje je obavljeno plastičnim brojevnim oznakama za školjkaše. Oznake su lijepljene na ljušturu kapica brzovezujućim ljepilom koje omogućuje da period zadržavanja kapica izvan mora bude što kraći. Na svim označenim kapicama na početku eksperimenta obavljena su morfometrijska mjerenja (Slika 9).



Slika 9. Kapice označene plastičnim brojevnim oznakama (foto:MARIBIC)

Kako je pokus proveden u duplikatu, u svaku jedinicu uzgojnog sustava (dva recirkulacijske tanka, dva pridnena kaveza, četiri lanterne po dvoje na svakoj istraživanoj dubini – 4 i 8 m) naseljeno je po pedeset označenih jedinki. Pored označenih, u svaku uzgojnu jedinicu naseljeno je još po 150 neoznačenih školjkaša te se u svakoj uzgojnoj jedinici na početku pokusa nalazilo po 200 jedinki.

2.2.3. Tijek pokusa

Pokusne jedinke male kapice unutar recirkulacijskog sustava hrane su mješavinom algi *Isochrysis galbana*, *Chaetocheros muelleri* i *Tetraselmisa suecica* u omjeru 6:3:1. Dnevna količina hrane, odnosno masa smjese algi bila je ekvivalentna 3% suhe mase mesa školjkaša.

Pomoću ručne sonde YSI 30 u svim uzgojnim sustavima svakodnevno su kontrolirani temperatūra, slanost i zasićenost morske vode kisikom, dok je pH mjerен pomoću ručne sonde

HANNA instrument HI 8424. U recirkulaciji ovi su parametri tijekom kompletног pokusa održavani konstantnim. Pri tome je temperatura pomoću klimatizacijskog uređaja odražavana na vrijednosti $20\pm1^{\circ}\text{C}$. Povećanje slanosti u tankovima zbog evaporacije kompenzirano je dodavanjem malih količina slatke vode da bi se vrijednost ovog parametra održala na 36 psu. Fotoperiod u uzgoju pratio je prirodni fotoperiod, jer je prostorija dopuštala ulaz dnevnog svjetla, tako da umjetna rasvjeta nije korištena.

Stopa preživljavanja pokusnih jedinki male kapice u pridnenom uzgoju i uzgoju iznad dna praćena je svakih 30 dana, dok je ovaj postupak u recirkulacijskim sustavima obavljan svakodnevno. Praćenje se u prva dva sustava obavljalo rjeđe da bi se izbjegao stres jedinki uslijed isušivanja i manipulacije. Prigodom kontrole mortaliteta u uzgoju iznad dna mijenjale su se mreže zbog razvoja obraštajnih organizama, s ciljem osiguravanja optimalnog protoka morske vode.

Na označenim školjkašima svaka su dva mjeseca obavljana morfometrijska mjerena, dok su neoznačeni školjkaši istovremeno uzorkovani (po 30 komada) za mjerjenje indeksa kondicije. Pri ovom dvomjesečnom uzorkovanju, redovito je kontrolirano i stanje gonada izradom otiska tkiva.

2.2.4. Određivanje indeksa kondicije

Obrada školjkaša u svrhu određivanja indeksa kondicije obavljena je u laboratoriju MARIBIC-a. Jedinke su obrađivane redom po sustavu uzgoja da bi se izbjegle eventualne pogreške. Školjkaši su prvo očišćeni od obraštaja, a potom posušeni staničevinom i posloženi redom na nju radi daljnje obrade. Na analitičkoj vagi s preciznošću od dvije decimale grama, redom je izvagan svaki školjkaš. Školjkaši su se zatim otvarali, pri čemu se pazilo da se u potpunosti odvoji meko tkivo od ljuštura. Ljuštura su slagane na staničevinu okrenute tako da se intervalvalna tekućina ocijedi. Meko tkivo svakog školjkaša slagalo se uz njegovu ljuštu. Nakon cijedenja izvagana je mokra masa obje komponente (Slika 10).



Slika 10. Obrada malih kapica za indeks kondicije i indeks mesa u laboratoriju
(foto:MARIBIC)

Nakon toga slijedio je postupak sušenja do konstantne suhe mase. Uzorci su stavljeni u prethodno zagrijani sušionik na 105 °C. Nakon 24 sata suhi uzorci tkiva i ljuštture izvađeni su iz peći još topli, odvajani su s aluminijске folije na kojoj su sušeni te izvagani.

Indeks kondicije (IK) računao se na dva načina: po Mannu (1978) i prema Fleury-u (2003) koji autori označavaju kao indeks mesa (IM).

Indeks kondicije po Mannu (1978) računao se po sljedećoj formuli:

$$\text{IK (indeks kondicije)} = \text{masa suhog mesa} / \text{masa suhe ljuštture} \times 1000$$

Indeks mesa (Fleury i sur., 2003) računao se po formuli:

$$\text{IM (indeks mesa)} = \text{masa mokrog mesa} / \text{masa cijelog školjkaša} \times 100$$

2.2.5. Praćenje reproduktivnog ciklusa izradom otiska tkiva gonada

Jedinke su neposredno nakon uzorkovanja otvarane, a gonade na najdebljem dijelu zarezane žiletom. Napravljen je razmaz gonadnog tkiva i pregledan svjetlosnim mikroskopom OLYMPUS X51 s ugrađenom kamerom pri povećanju od 4, 10 i 40 puta (slika 11).



Slika 11. Izrada otiska tkiva gonada (foto: MARIBIC)

2.2.6. Preživljavanje male kapice u recirkulacijskom sustavu pri različitoj temperaturi

Nakon prethodno navedenog pokusa, koji je prema planu obavljen od 1. svibnja do 1. studenog 2012. godine, obavljen je dodatni pokus preživljavanja jedinki u recirkulacijskom sustavu pri različitim vrijednostima temperature. Naime, jedinke u jednom od dva recirkulacijska tanka držane su i dalje na konstantnoj temperaturi od $20\pm1^{\circ}\text{C}$, dok se u drugom tanku postupno tijekom pet dana, uz pomoć grijajuća temperatura podigla na 24°C . S obzirom da su svi ostali uvjeti u oba tanka bili isti, obavljena je usporedba preživljavanja jedinki pri različitoj temperaturi morske vode.

2.2.7. Statistička obrada podataka

Srednje mjesecne vrijednosti svih mjereneih parametara izračunane su u programu MS Excel 2000. Grafikoni su izrađeni u programu MS Excel i Sigma Plot 8.0.

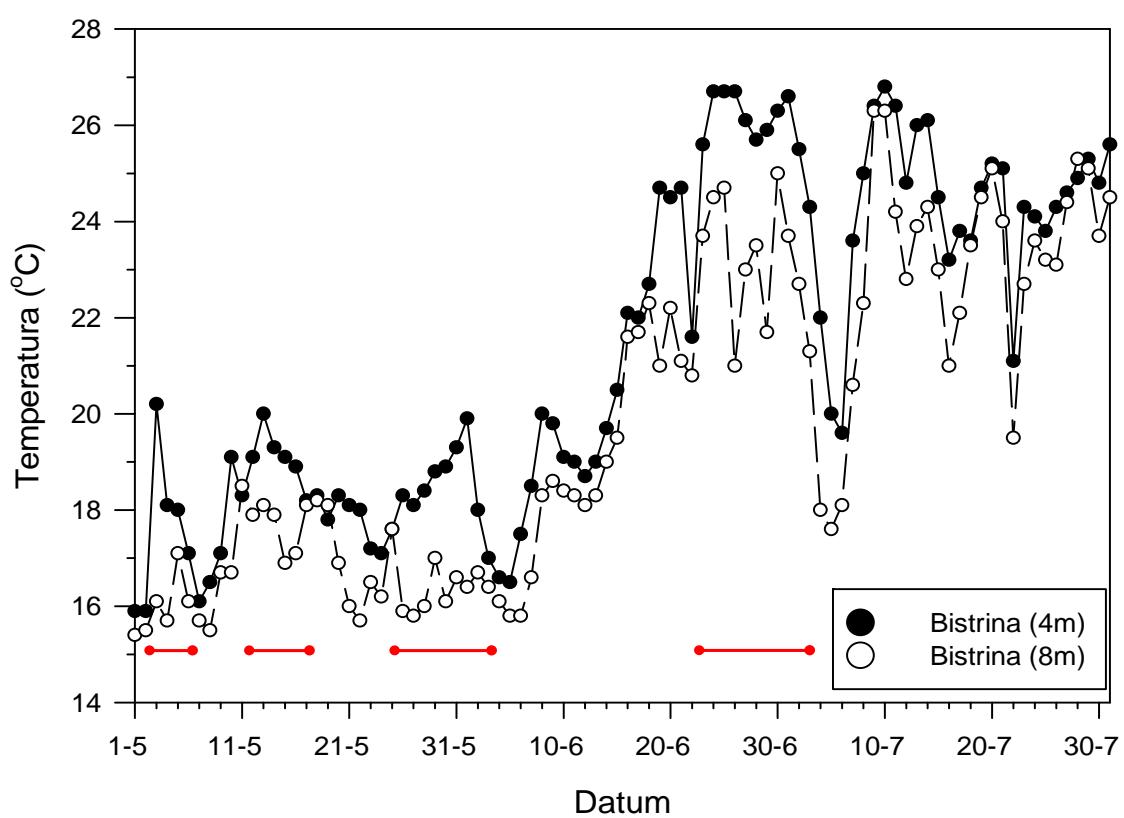
Kako bi se utvrdila sličnost između pokazatelja rasta u različitim uzgojnim sustavima, u programu Statistica 6.0. načinjena je PCA (engl. Principal Components Analysis) statistička analiza (Flury, 1988). Metodom linearne korelacije utvrđeni su alometrijski odnosi izmjereneih vrijednosti u pojedinim uzgojnim jedinicama.

Za utvrđivanje statističke značajnosti između srednjih mjesecnih vrijednosti indeksa unutar jednog uzgojnog sustava, kao i između različitih sustava korišten je ANOVA test, dok je homogenost između prethodno navedenih skupina analizirana testom višestrukog rangiranja (SPSS, 2007). Analize su provedene u programu Prism 3.01.

3. REZULTATI

3.1. Hidrografski parametri u različitim uzgojnim sustavima

U ambijentalnim uvjetima tijekom mjerjenja najviše je oscilirala temperatura morske vode čije su vrijednosti prikazane na slici 12. Tijekom druge polovice lipnja došlo je do naglog porasta temperature na obje dubine(4 i 8 m) na kojima su bile postavljene lanterne s pokusnim školjkašima, s tim da su vrijednosti bile konstantno više na četiri metra dubine, gdje je 24.6.2012. god. dosegnuta maksimalna izmjerena vrijednost od $26,7^{\circ}\text{C}$ i održavala se naredna tri dana. Na osam m dubine maksimalna izmjerena vrijednost bila je $26,3^{\circ}\text{C}$ i utvrđena je 9. i 10. srpnja. U recirkulacijskom sustavu svi su mjereni parametri održavani na konstantnoj razini, kao što je navedeno u metodici rada.

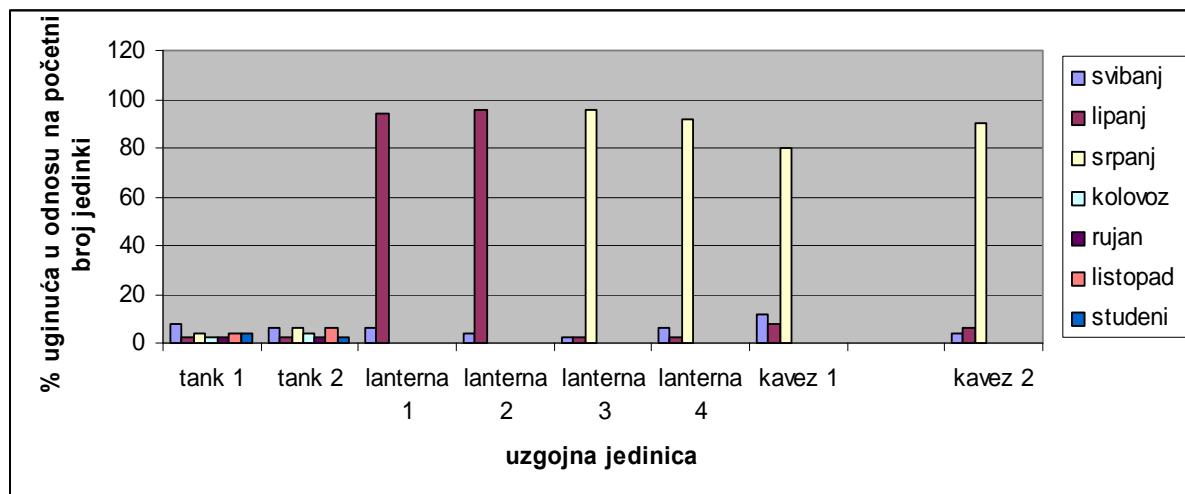


Slika 12. Vrijednosti temperature ambijentalnog mora na 4 i 8 metara dubine
u razdoblju 1.5. – 1.8.2012. god.

Ostali hidrografski parametri u (postotak zasićenosti kisikom, pH i slanost) bili su u okviru optimalnih vrijednosti za istraživanu vrstu i nisu pokazali ekstremne varijacije, te njihove vrijednosti nisu grafički prikazane. Zasićenost mora kisikom kretala se u rasponu od 79% do 101%, pH od 7,84 – 7,96. Raspon slanosti bio je od 33,2 do 37,1 psu.

3.2. Preživljavanje jedinki u različitim uzgojnim sustavima

Na slici 16 prikazan je postotak uginulih jedinki u odnosu na njihov broj na početku pokusa za svaku uzgojnu jedinicu. Najniži ukupni mortalitet utvrđen je u recirkulacijskom sustavu. Na kraju pokusa u studenome 2012. god. iznosio je 27%. Tijekom lipnja su uginule sve jedinke u lanternama postavljenim na četiri metra dubine, a tijekom srpnja i na dubini od osam metara, kao i u pridnenim kavezima.



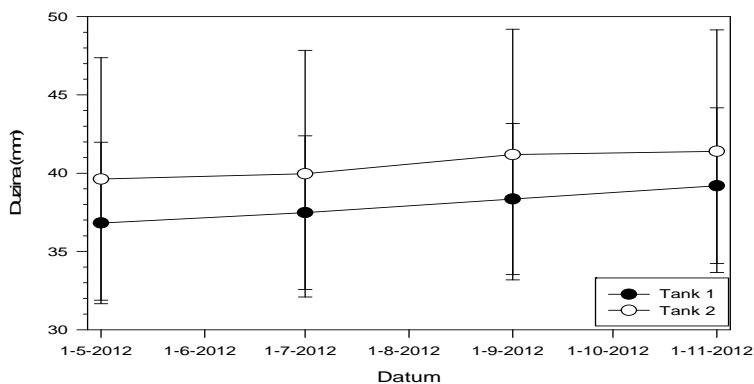
Slika 13. Postotak uginulih jedinki za svaku uzgojnu jedinicu u odnosu na njihov broj na početku pokusa

3.3. Parametri rasta jedinki tijekom pokusa

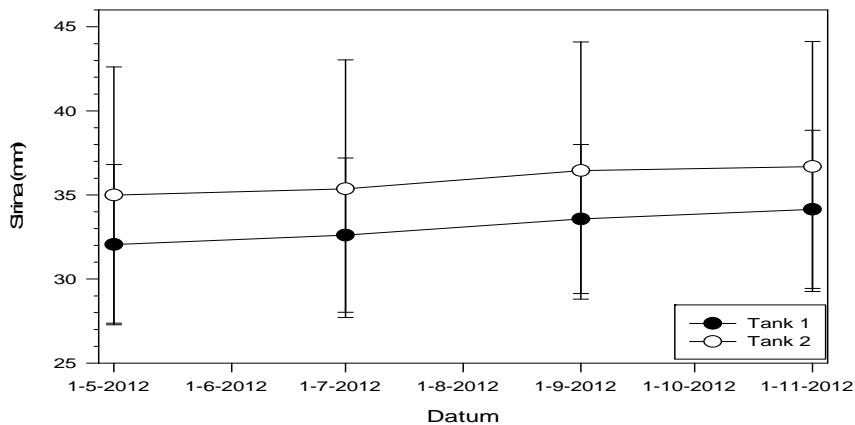
3.3.1. Rezultati mjerjenja parametara rasta u pojedinačnim uzgojnim sustavima

Na slikama 14-22 prikazane su mjesečne promjene srednjih vrijednosti mjerenih parametara rasta u različitim uzgojnim sustavima. S obzirom na visoku stopu preživljavanja u

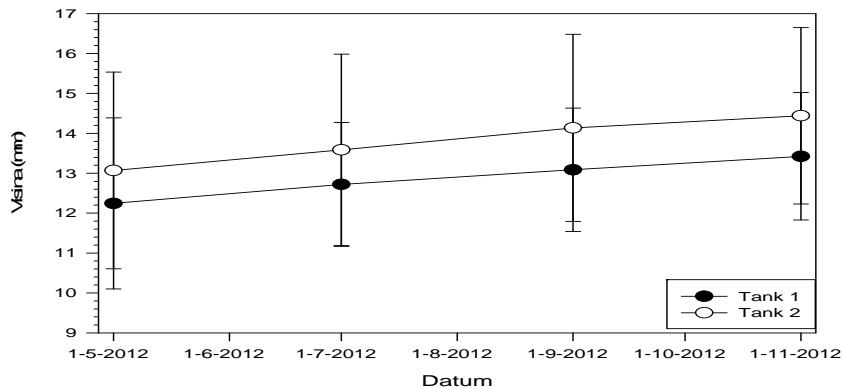
recirkulacijskom sustavu, ovi su parametri izmjereni u potpunosti za kompletno planirano vrijeme trajanja pokusa (1. svibnja do 1. studenog 2012. godine). Za lanterne postavljene na osam metara dubine (lanterna 3 i 4), kao i pridnene kaveze, rezultati su prikazani za prva dva razdoblja mjerenja s obzirom da je u ova dva uzgojna sustava početkom srpnja zabilježen 100%-tni mortalitet. Vrijednosti navedenih parametara za lanterne postavljene na četiri metra dubine (lanterna 1 i 2) nisu prikazane jer je 100% mortalitet utvrđen neposredno prije drugog uzorkovanja. U razdoblju 1.5. – 1.7.2012. god. najveći prirast u dužinu (Slika 17) utvrđen je u lanternama (u lanterni 4 iznosio je 1,57 mm, a lanterni 3 1,54 mm). Najniži je bio u tanku broj 1 (0,32 mm), dok je u tanku broj 2 iznosio 0,66 mm (Slika 14) i nije se značajnije razlikovao od onog u pridnenom kavezu 1 (0,54 mm) (Slika 20).



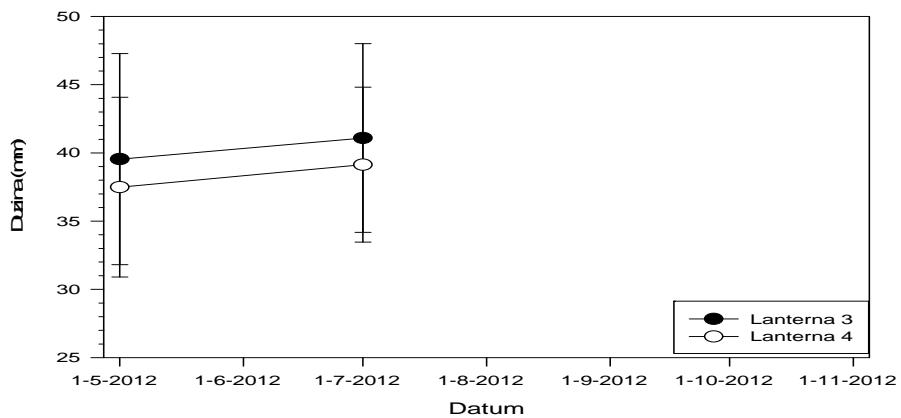
Slika 14. Mjesečne promjene srednje vrijednosti dužine male kapice u recirkulacijskom sustavu



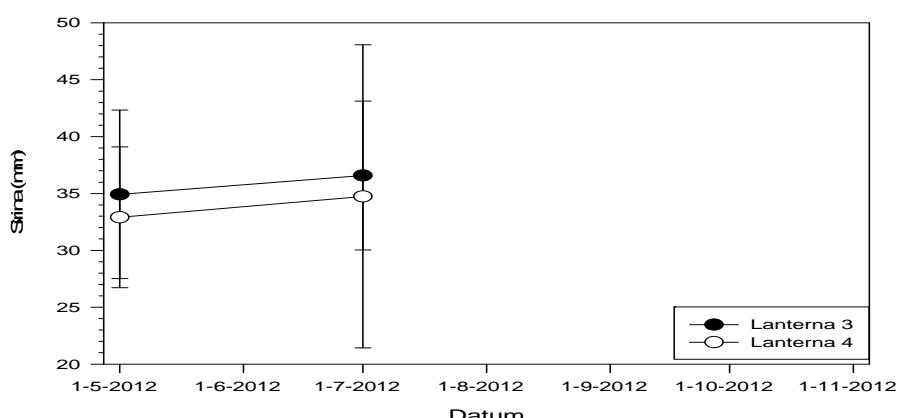
Slika 15. Mjesečne promjene srednje vrijednosti širine male kapice u recirkulacijskom sustavu



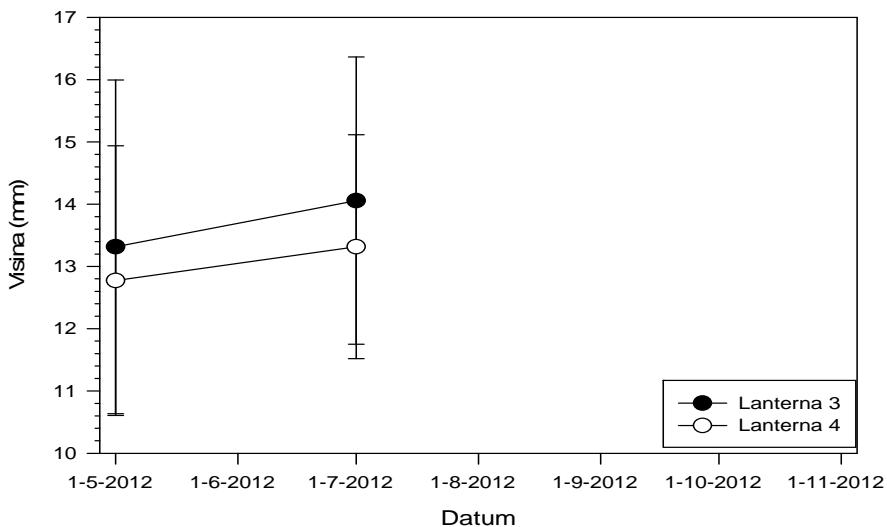
Slika 16. Mjesečne promjene srednje vrijednosti visine male kapice u recirkulacijskom sustavu



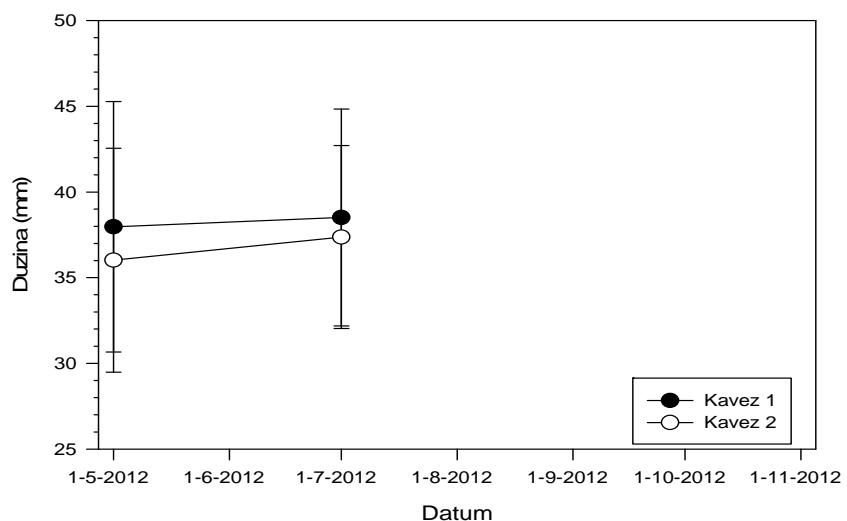
Slika 17. Mjesečne promjene srednje vrijednosti dužine male kapice u lanternama postavljenim na 8 m dubine



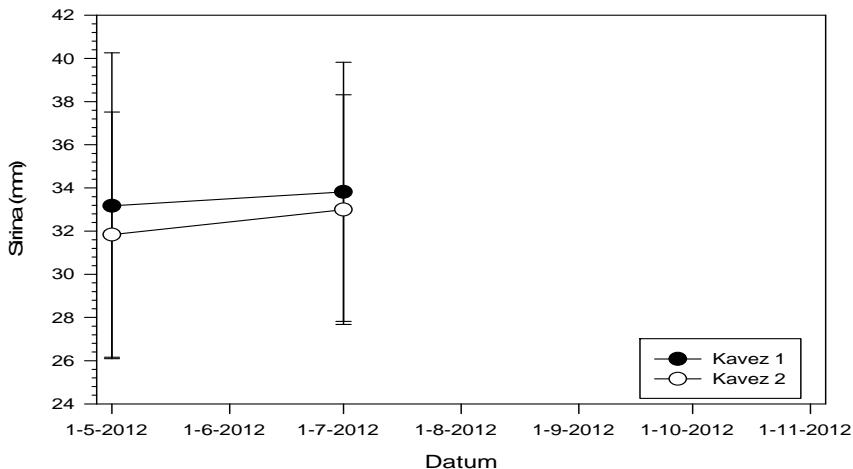
Slika 18. Mjesečne promjene srednje vrijednosti širine male kapice u lanternama postavljenim na 8 m dubine



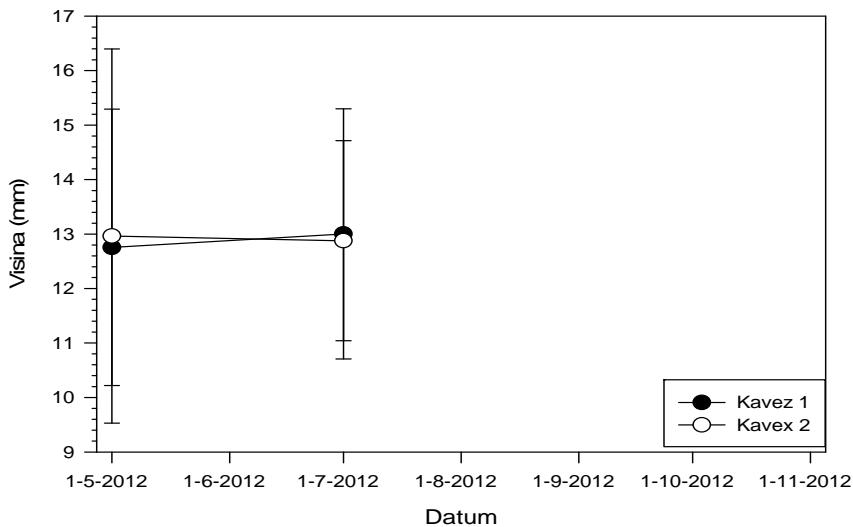
Slika 19. Mjesečne promjene srednje vrijednosti visine male kapice u lanternama postavljenim na 8 m dubine



Slika 20. Mjesečne promjene srednje vrijednosti dužine male kapice u pridnenim kavezima

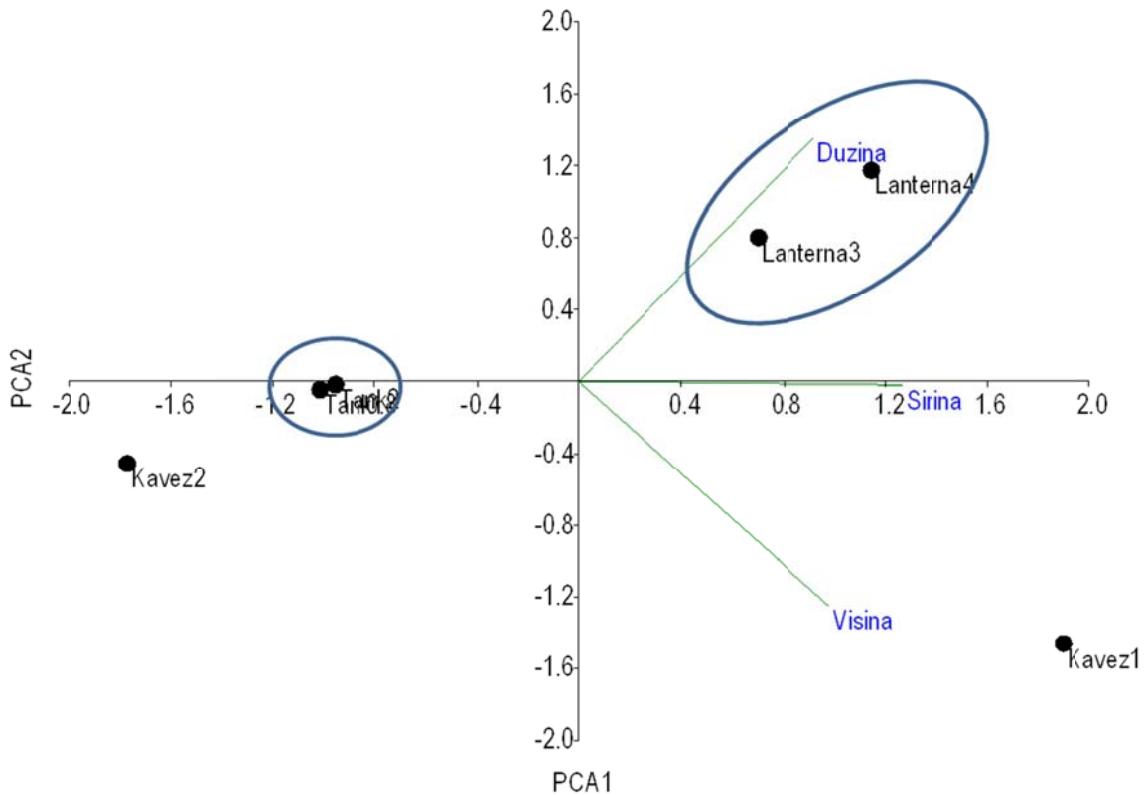


Slika 21. Mjesečne promjene srednje vrijednosti širine male kapice u pridnenim kavezima



Slika 22. Mjesečne promjene srednje vrijednosti visine male kapice u pridnenim kavezima

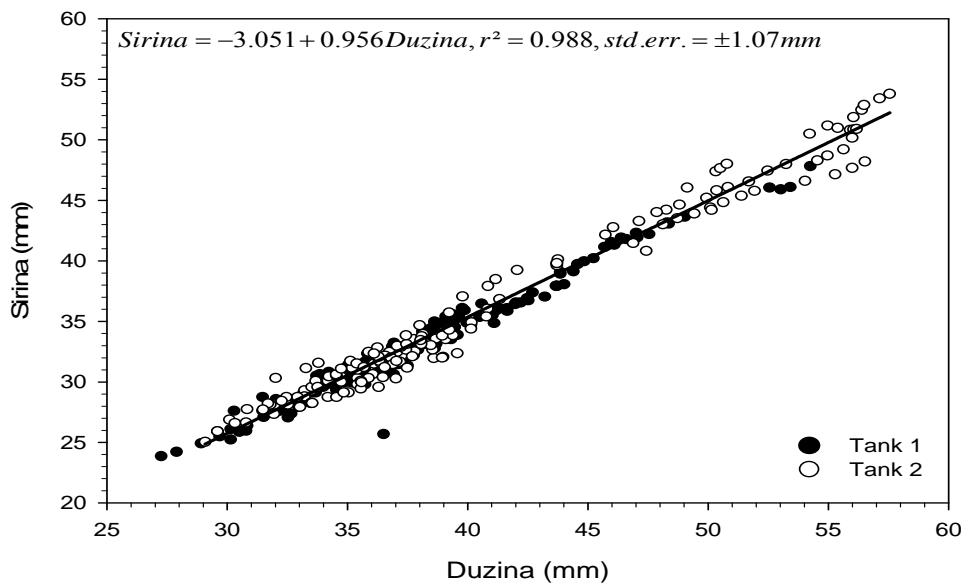
Rezultati PCA analize pokazali su dvije slične skupine s obzirom na visinski prirast: recirkulacijski uzgojni sustav i lanterne postavljene na osam metara dubine (lanterna 3 i 4). Prirast u širinu i visinu statistički se značajno razlikovao čak i u istom uzgojnem sustavu i za sve tri primjenjene uzgojne tehnologije međusobno, s tim da je ta razlika za prirast u širinu kod uzgoja u lanternama manja u odnosu na druga dva uzgojna sustava (Slika 23).



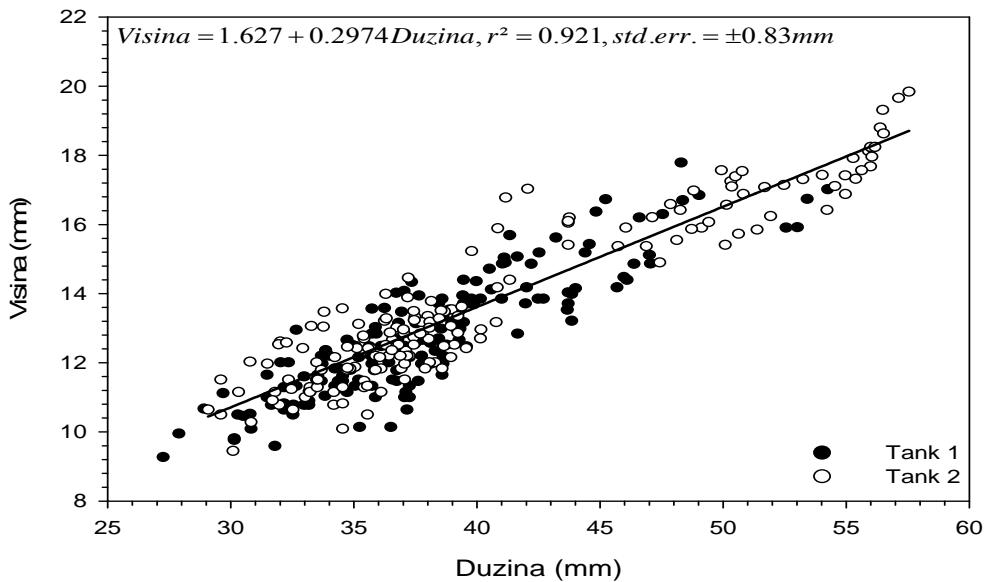
Slika 23. Rezultati PCA analize sličnosti (slične skupine označene su krugom)

3.3.2. Prikaz alometrijskih odnosa parametara rasta u pojedinim uzgojnim sustavima

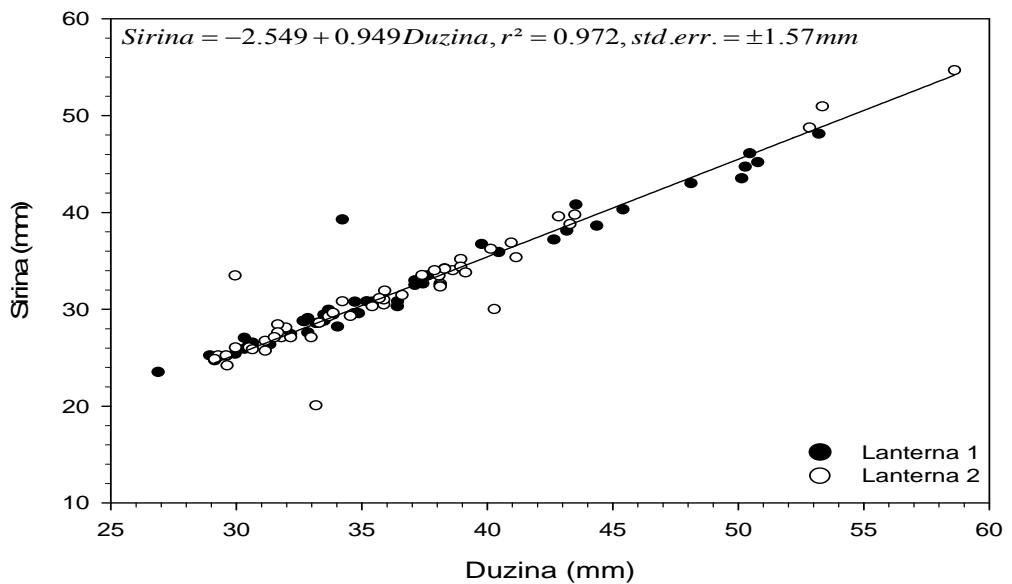
Na slikama 24-31 prikazani su alometrijski odnosi između dužine ljuštare male kapice i druga dva mjerena parametra rasta za svaki način uzgoja. Visoki koeficijenti determinacije ukazuju na činjenicu da se bez obzira na statististički značajne razlike utvrđene analizom sličnosti, rast može predvidjeti s preciznošću većom od 90% za svaku primjenjenu uzgojnu tehnologiju.



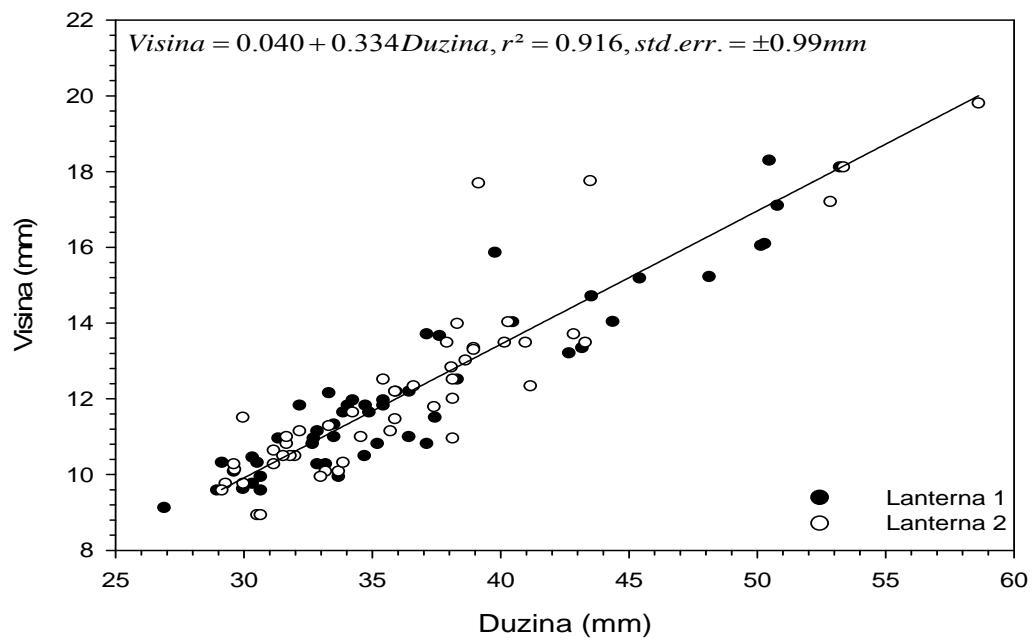
Slika 24. Korelacija između dužine i širine jedinki u recirkulacijskom sustavu



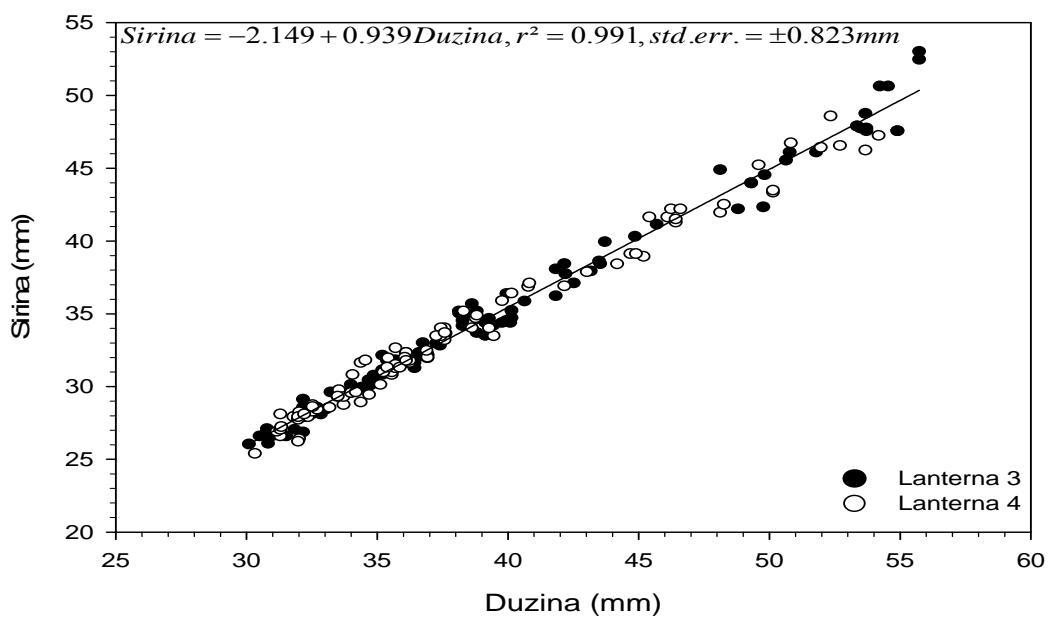
Slika 25. Korelacija između dužine i visine jedinki u recirkulacijskom sustavu



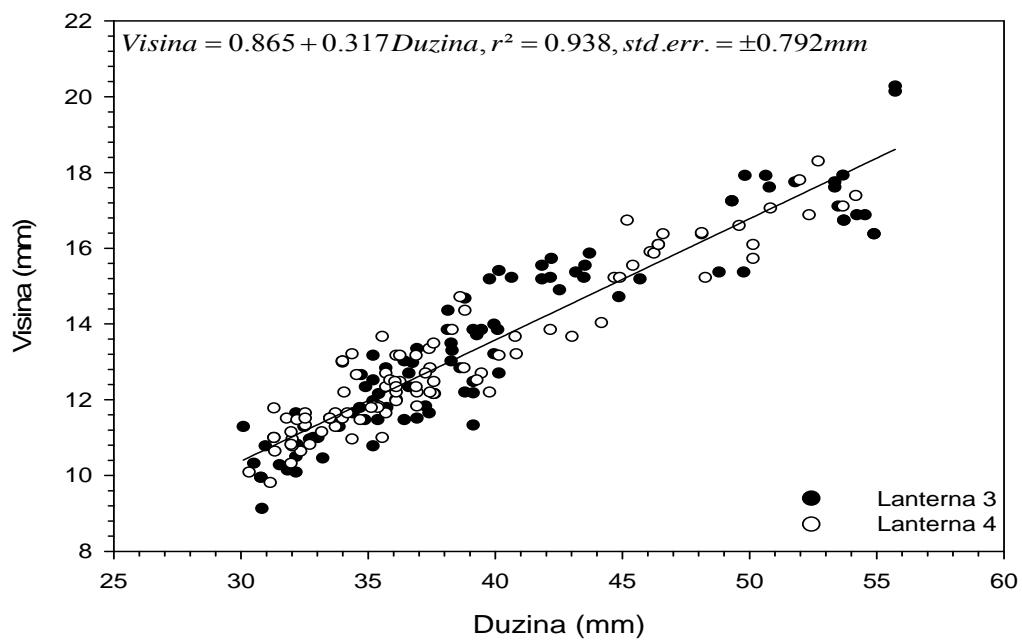
Slika 26. Korelacija između dužine i širine jedinki u lanternama na 4 m dubine (lanterna 1 i 2)



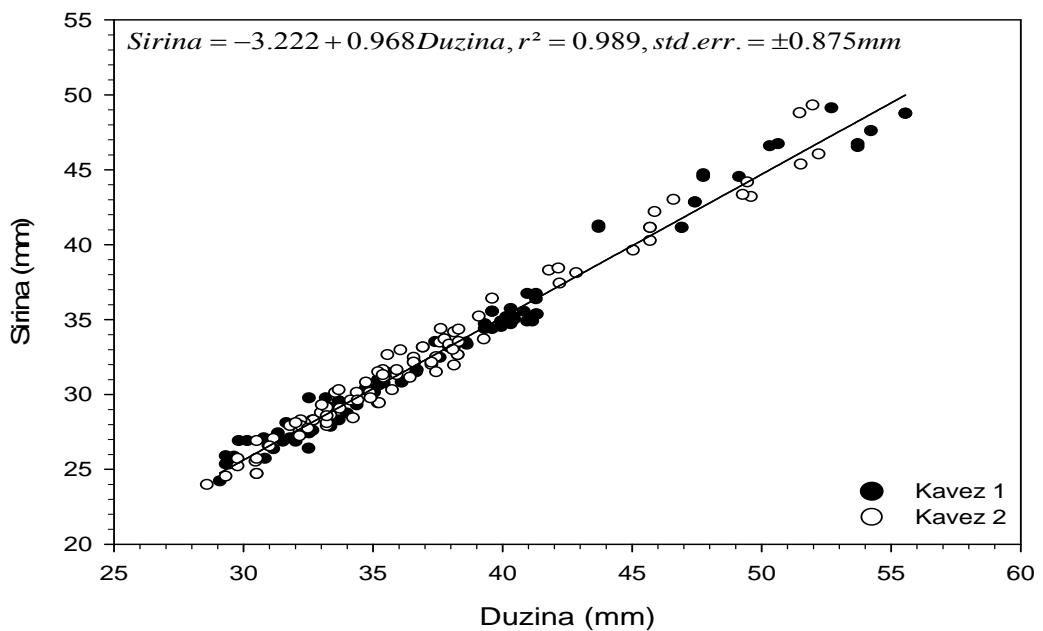
Slika 27. Korelacija između dužine i visine jedinki u lanternama na 4 m dubine (lanterna 1 i 2)



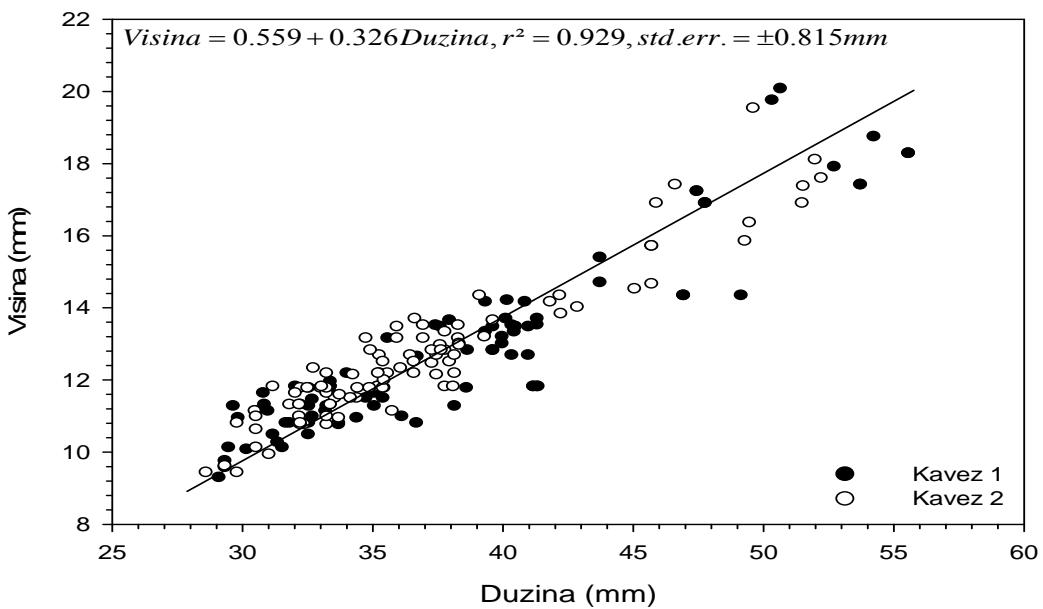
Slika 28. Korelacija između dužine i širine jedinki u lanternama na 8 m dubine (lanterna 3 i 4)



Slika 29. Korelacija između dužine i visine jedinki u lanternama na 8 m dubine (lanterna 3 i 4)



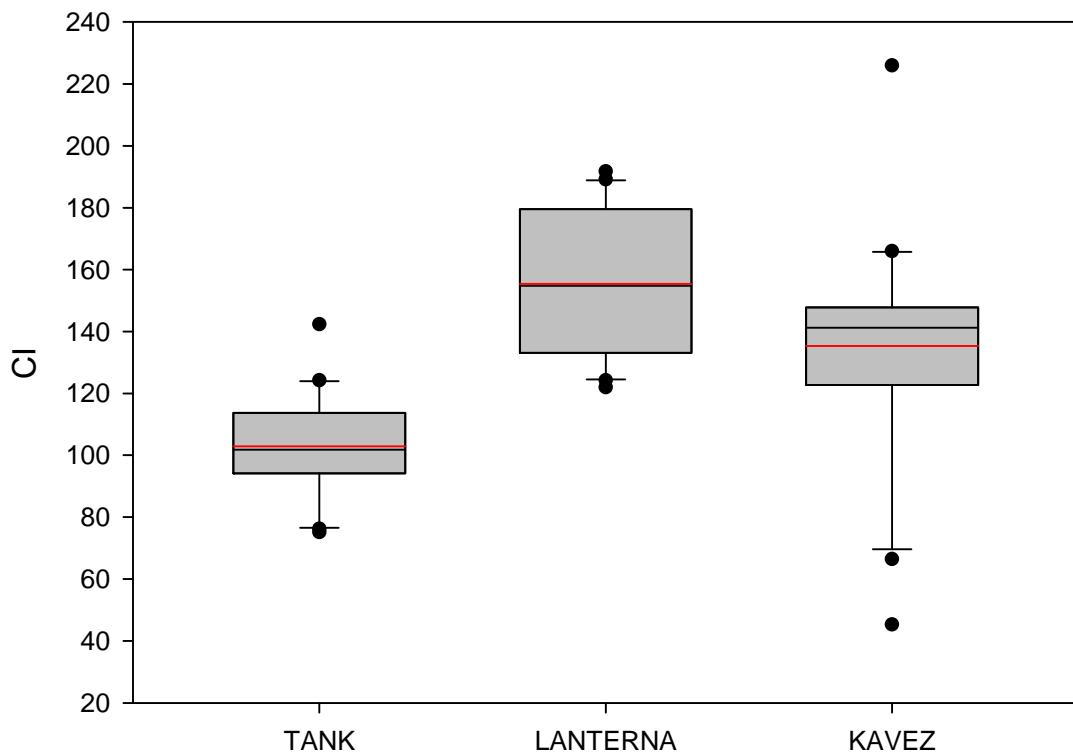
Slika 30. Korelacija između dužine i širine jedinki u pridnenom uzgojnom sustavu



Slika 31. Korelacija između dužine i visine jedinki u pridnenom uzgojnom sustavu

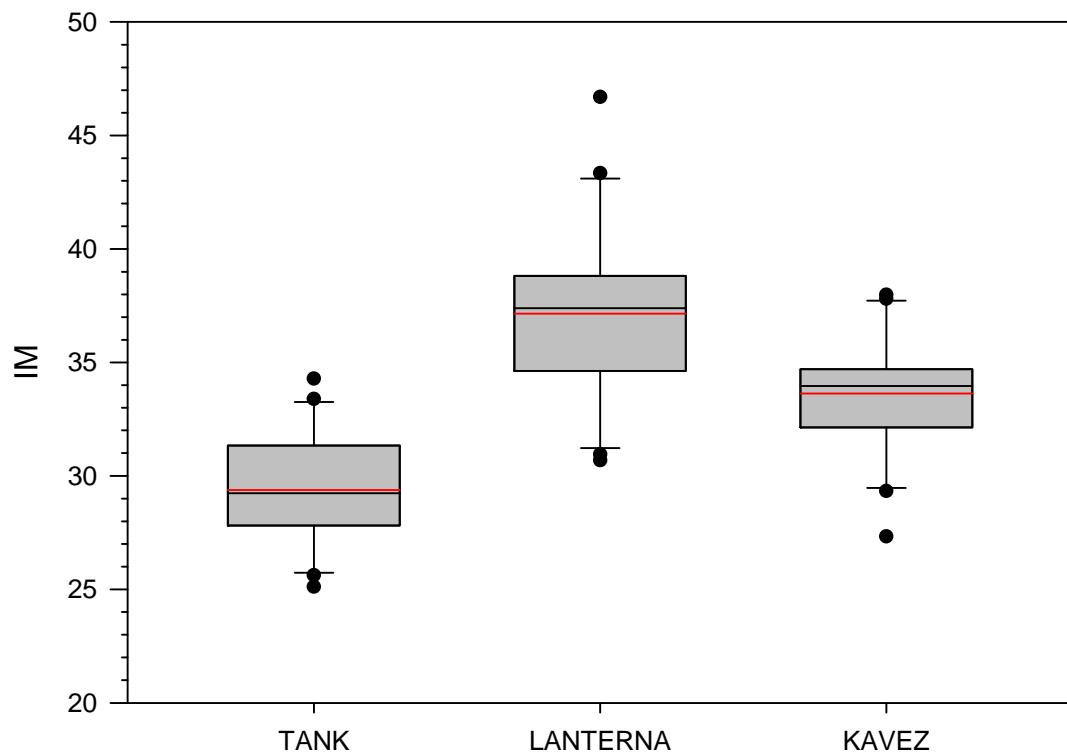
3.4. Indeks kondicije

Na slici 32 prikazane su srednje vrijednosti indeksa kondicije (CI) računatog u srpnju 2012. po Mann-u (1978) u sva tri istraživana sustava. Najveća vrijednost utvrđena je u lanternama (155,4), dok je najniža bila u recirkulacijskom sustavu (102,9). Rezultati ANOVA testa pokazali su da se navedene vrijednosti u sva tri sustava statistički značajno razlikuju za nivo povjerenja od 95% ($p<0,05$). Isti rezultati su utvrđeni i testom multiplog rangiranja.



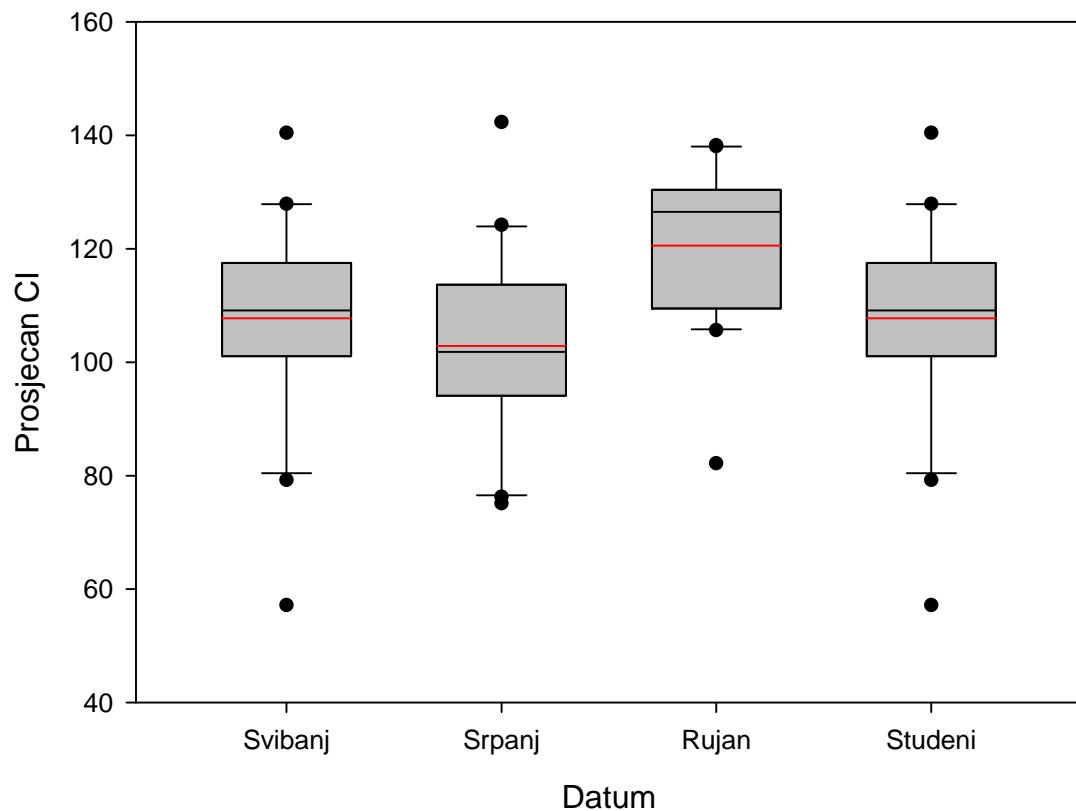
Slika 32. Usporedba srednjih vrijednosti indeksa kondicije po Mann-u za tri različita uzgojna sustava nakon uzorkovanja obavljenog 1. srpnja

Na slici 33 prikazane su srednje vrijednosti indeksa mesa (IM) po Fleury i sur. (2003) izmjerene u srpnju 2012. u sva tri istraživana sustava. Kao i za CI najveća vrijednost utvrđena je u lanternama (31,2), dok je najniža bila u recirkulacijskom sustavu (29,4). Rezultati ANOVA testa pokazali su da se navedene vrijednosti u sva tri sustava statistički značajno razlikuju za nivo povjerenja od 95% ($p<0,05$). Isti rezultati su utvrđeni i testom multiplog rangiranja.



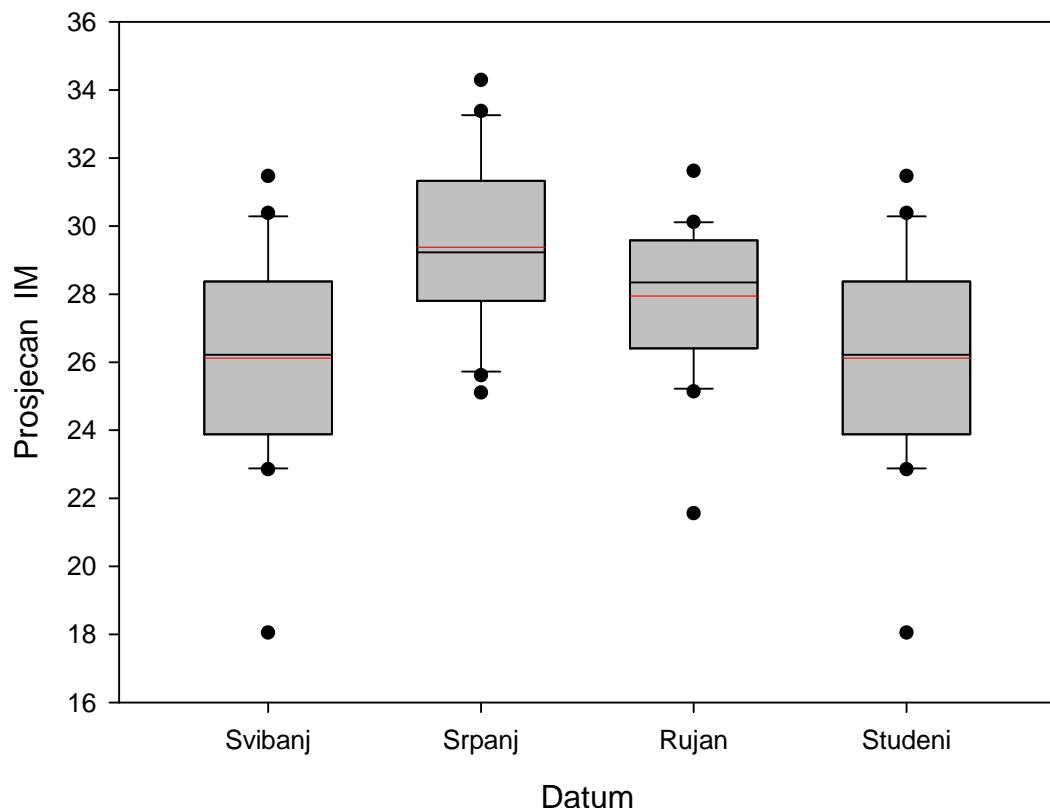
Slika 33. Usporedba srednjih vrijednosti indeksa mesa za tri različita uzgojna sustava nakon uzorkovanja obavljenog 1. srpnja 2012. god.

Na slici 34 prikazane su srednje vrijednosti CI izmjerene u tankovima pri dvomjesečnim intervalima uzorkovanja tijekom trajanja pokusa. Najveća srednja vrijednost izmjerena je u rujnu (120,5), a najniža u srpnju (102,9). ANOVA test je pokazao postojanje statistički značajnih razlika između pojedinih mjeseci uzorkovanja ($p<0,05$), dok je test višestrukog rangiranja pokazao da se jedino uzorci iz rujna statistički značajno razlikuju od uzoraka iz ostalih mjeseci.



Slika 34. Usporedba srednjih vrijednosti CI jedinki uzgajanih u recirkulacijskom sustavu tijekom pokusa

Na slici 35 prikazane su srednje vrijednosti IM izmjerene u tankovima pri dvomjesečnim intervalima uzorkovanja tijekom trajanja pokusa. Najveća srednja vrijednost izmjerena je u srpnju (29,4), a najniža u svibnju i studenome (26,1). ANOVA test je pokazao postojanje statistički značajnih razlika između pojedinih mjeseci uzorkovanja ($p<0,05$), dok je test višestrukog rangiranja pokazao postojanje dvaju homogenih skupina: svibanj i studeni, te srpanj i rujan.



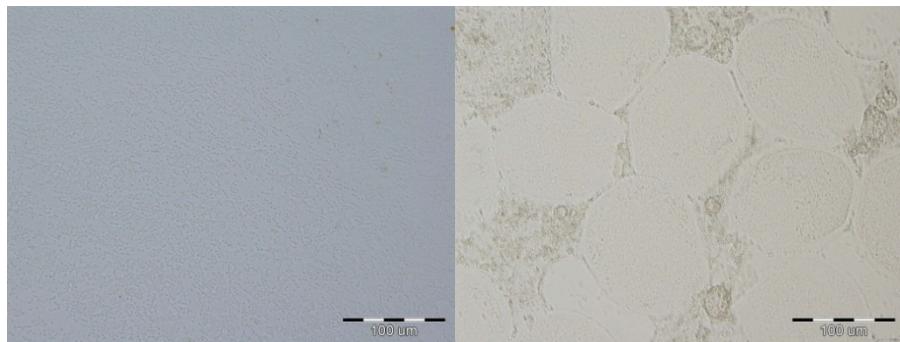
Slika 35. Usporedba srednjih vrijednosti IM jedinki uzgajanih u recirkulacijskom sustavu tijekom pokusa

3.5. Otisci tkiva gonada

Pregledom otisaka gonadnog tkiva utvrđeno je da su početkom svibnja gonade većine jedinki potpuno zrele za mriještenje (slika 36). Također su zabilježeni pojedinačni slučajevi mriještenja tijekom same manipulacije, koja je vjerojatno i inducirala ovu pojavu. U srpnju su gonade svih jedinki bile u početnom stadiju gametogeneze (slika 37), a u rujnu je već gametogeneza kod jedinki u tankovima uznapredovala (slika 38 i 39). U studenom nije utvrđena gametogenetska aktivnost.



Slika 36. Zrele gonade (povećanje 4x) Slika 37. Početak gametogeneze (povećanje 10x)



Slika 38 i 39. Uznapredovala gametogeneza mužjaka i ženke (povećanje 40x)

3.6. Stopa preživljavanja male kapice u recirkulacijskom sustavu pri različitim vrijednostima temperature morske vode

Pet dana nakon početka pokusa uzgoja male kapice u recirkulacijskom sustavu pri različitim temperaturi morske vode (20°C i 24°C) utvrđen je 100%-tni mortalitet jedinki u tanku u kojem je temperatura održavana na 24°C . Istovremeno je na 20°C preživljavanje jedinki iznosilo 100%.

4. RASPRAVA

Tijekom ovog pokusa u ambijentalnim uvjetima je u drugoj polovici lipnja došlo do naglog porasta temperature mora u oba sloja u kojima su bili postavljeni uzgojni sustavi s pokusnim školjkašima, 4 i 8 m, s tim da su vrijednosti bile konstantno veće na dubini od 4 m. U ovom sloju je 24. lipnja 2012. godine temperatura dospila maksimalnu izmjerenu vrijednost od 26,7 °C i na toj se visini održala naredna tri dana. Na dubini od 8 m maksimalna izmjerena vrijednost bila je 26,3 °C i utvrđena je 9. i 10. srpnja. Ranije provedena istraživanja na ovom prostoru pokazala su da maksimalne ljetne temperature na ovom području ovise o godini, a kretale su se u rasponu od 23 °C do 26,6° C na površini mora (Balenović, 1981; Šimunović, 1981; IOR, Dubrovnik 2003; MARIBIC, 2010). Vrijednosti ostalih mjerene hidrografskih parametara u ambijentalnom moru (postotak zasićenosti kisikom, pH i slanost) kretale su se u okviru optimalnih za školjkaše i nisu pokazale ekstremne varijacije, niti značajnije razlike u odnosu na ranija istraživanja hidrografskih parametara ovog područja (Balenović, 1981; Šimunović, 1981; IOR, Dubrovnik 2003; MARIBIC, 2010).

Preživljavanje školjkaša s ukupnim mortalitetom od 27% na kraju pokusa, najbolje je bilo u kontroliranim uvjetima recirkulacijskog sustava. Međutim, nagli porast temperature u drugoj polovici lipnja na dubini od 4m bio je praćen 100%-tним mortalitetima jedinki u lanternama postavljenim na ovoj dubini. Do pojave nagle visoke smrtnosti došlo je kada je temperatura prešla 24°C. Isti se slučaj ponovio i s jedinkama u lanternama na dubini od 8m i u pridnenim kavezima, u srpnju, kada je temperatura nekoliko dana bila iznad 24°C. Gotovo istovjetna situacija 2012. god. zabilježena je i na području Šibenika pri pokušaju uzgoja male kapice. Naime tad je uzgajivač Dušan Prelević također zabilježio iznimno visoku stopu mortaliteta ove vrste školjkaša u ljetnom razdoblju (Prelević, usmeno priopćenje). Prema Shumway i Parsons (2006) kapice toleriraju maksimalnu temperaturu od 18°C. Rezultati istraživanja koje su Marguš i sur. (2005) proveli na maloj kapici u estuariju rijeke Krke pri ambijentalnoj temperaturi morske vode iznad 18°C nisu pokazali visoku ljetnu smrtnost. Ukupna godišnja stopa mortaliteta kretala se od 25% (s maksimumom u travnju) na dubini od 2,5 m do 57% (s maksimumom u studenom) na dubini od 17,5 m. Međutim visoku temperaturu iznad 23°C izmjerenu u Bistrini, navedeni autori tijekom svog istraživanja utvrdili su samo u površinskom sloju estuarija. S obzirom da u recirkulaciji pri temperaturi od $20\pm1^{\circ}\text{C}$ nisu zabilježene ekstremno visoke stope mortaliteta, niti su pokusni školjkaši adspeksijski pokazivali bilo kakve morfološke promjene, a pri tom su imali visok indeks kondicije, kontaktiran je stručnjak za bolesti školjkaša i riba Odjela za mikrobiologiju i

parazitologiju Biološkog fakulteta i Instituta za akvakulturu u Santiago de Compostela u Španjolskoj. Naime na tom području također se pokušno uzgaja mala kapica, te je postojala pretpostavka o određenim saznanjima poremećaja zdravlja kod ove vrste. Međutim vrijednosti temperature morske vode na tom području niže su od onih u Malostonskom zaljevu pa se po mišljenju prof. Juana L. Barja najvjerojatnije radi o ekstremnim mortalitetima izazvanih temperaturnim šokom (Barja, usmeno priopćenje). S obzirom na sve prethodno navedeno po završetku pokusa u studenome 2012. godine, pokušne su jedinke u jednom od dva recirkulacijska tanka držane i dalje na konstantnoj temperaturi od $20\pm1^{\circ}\text{C}$, dok se u drugom tanku postupno tijekom pet dana uz pomoć grijajuće temperaturu podigla na 24°C . Kako su svi ostali uvjeti u oba tanka bili isti, obavljena je usporedba preživljavanja jedinki pri različitim temperaturama. Pet dana nakon početka pokusa uzgoja male kapice u recirkulacijskom sustavu pri različitim temperaturama (20 i 24°C) utvrđen je 100%-tni mortalitet jedinki u tanku u kojem je temperatura održavana na 24°C . Istovremeno je na temperaturi od 20°C preživljavanje jedinki iznosilo 100%. Rezultati ovog pokusa potvrdili su prethodno navedenu hipotezu da ekstremno visoka temperatura uzrokuje visoku stopu smrtnosti. Međutim, kako bi se isključila pretpostavka da se eventualno radi o zaraznoj bolesti, čiji se uzročnik „aktivira“ pri temperaturama mora iznad 23 ili 24°C potrebno je provesti i dodatna istraživanja.

S obzirom na smrtnost jedinki u lanternama i pridnenim kavezima, nije bilo moguće tijekom cijelog razdoblja pokusa usporediti parametre rasta jedinki, kao ni vrijednosti dvije mjerene vrste indeksa kondicije. Usporedba ovih parametara bila je moguća samo za razdoblje 1.5.2012. – 1.7.2012. god. Prirast širine i visine ljuštura razlikovao se statistički značajno, čak i u istom uzgojnem sustavu, i za sve tri primijenjene uzgojne tehnologije međusobno, s tim da je ta razlika za prirast širine kod uzgoja u lanternama manja u odnosu na druga dva uzgojna sustava. U pokušnom uzgoju na ušću rijeke Krke jedinke male kapice srednje veličine od $16,4\pm2,1$ do $17,6\pm2,2$ mm i srednje mase $0,95$ do $1,35$ g, nakon godinu dana postigle su srednju veličinu od $42,7\pm3,2$ do $47,5\pm3,0$ mm i srednju masu od $12,1$ do $17,5$ g (Marguš i sur, 2005). Prema Shumway i Parsons (2006), razlike u stopi rasta utvrđene u Malostonskom zaljevu mogле bi se jednim dijelom objasniti i genetskim razlikama, kao i različitim staništima iz kojih su pokušne jedinke prikupljene. Iako su školjkaši za pokus prikupljeni s geografski malog područja Malostonskog zaljeva, prema Balenoviću (1981) radi se o izuzetno složenom području s velikim vremenskim i prostornim oscilacijama osnovnih hidrografskih parametara: temperature, saliniteta, koncentracije otopljenog kisika, prozirnosti i morskih struja. Marguš i sur. (2005) istražujući rast male kapice u estuariju rijeke Krke

utvrdili su razlike u rastu s obzirom na dubinu uzgoja pri primjeni iste uzgojne tehnologije. Da čimbenici okoliša i uzgojna tehnologija utječu na rast i kvalitetu mekog tkiva kod drugih vrsta školjkaša pokazali su i Gavrilović i sur., (2011b; 2011c).

Indeks kondicije najčešće se koristi kao pokazatelj kvalitete mekog tkiva školjkaša, ali ujedno daje i osnovne podatke o fiziološkom i zdravstvenom stanju jedinki (Gavrilović i sur., 2008). Iako je indeks kondicije izračunavan na dva različita načina, onaj po Mann-u i sur. (1978) predstavlja precizniji način, jer je smanjena mogućnost pogreške uslijed neravnomjernog cijeđenja uzoraka pri analitičkom radu. Općenito vrijednosti indeksa kondicije kod zdravih jedinki, i u optimalnim uvjetima uzgojne sredine, variraju u skladu sa stadijem gametogeneze. Pri tome je indeks kondicije najviši neposredno prije razdoblja mriještenja, a nakon toga opada na najnižu vrijednost (Gosling, 2003; Gavrilović i sur., 2008).

U pokusnom uzgoju male kapice u Malostonskom zaljevu početkom srpnja, kada je jedino bilo moguće usporediti indeks kondicije u sva tri uzgojna sustava, najviša vrijednost utvrđena u lanternama (155,4), dok je najniža bila u recirkulacijskom sustavu (102,9), što se može objasniti činjenicom da način uzgoja u lanternama školjkašima pruža uvjete najbliže prirodnim, a nakon njega dolazi uzgoj u pridnenim kavezima. Marguš i sur. (2005) su tijekom istraživanja provedenog u estuariju rijeke Krke najviše vrijednosti indeksa kondicije (po Bairdu) male kapice utvrdili u cijelome zimskom razdoblju, s maksimumom od 87,4% u veljači. Nakon veljače vrijednost indeksa kondicije pada, da bi u svibnju postigla najnižu vrijednost od 66,1%. Od svibnja vrijednost ponovno raste do rujna, kada iznosi 89,3%. U listopadu je ova vrijednost ponovno opala na 70,9% (Marguš i sur., 1993; 2005).

Conan i Shafee (1978) govore o postojanju dva godišnja razdoblja mriještenja male kapice u području Lanoveoc u Francuskoj. Autori također navode da se vrijeme mriještenja razlikuje u različitim geografskim područjima. Što se tiče pokusnog uzgoja u Bistrini, dva razdoblja mriještenja utvrđena u recirkulacijskim tankovima prije bi se mogla pripisati kondicioniranju jedinki, budući da se radilo o kontroliranim konstantnim uvjetima.

Promjene srednjih vrijednosti indeksa kondicije (CI) izmjerene u recirkulacijskom sustavu pri dvomjesečnim intervalima uzorkovanja tijekom šestomjesečnog pokusa podudaraju se s rezultatima pregleda otiska tkiva gonada, odnosno s promjenama stadija gametogeneze. S obzirom na navedene rezultate može se zaključiti da su se jedinke uspješno prilagodile uzgoju u recirkulacijskom sustavu. Međutim usporedbom vrijednosti izmjerenih za sve uzgojne sustave u srpnju, jasno je da bi ovaj sustav radi što bolje komercijalne kvalitete

proizvoda, trebalo optimizirati. To je i razumljivo, jer je za optimizaciju uzgojne tehnologije potrebno znatno više vremena od jednog pilot šestomjesečnog istraživanja. Međutim ovi su preliminarni rezultati obećavajući, i čini se da bi u budućim istraživanjima bilo potrebno istražiti optimalnu temperaturu uzgoja i optimalni način ishrane jedinki male kapice u recirkulacijskom sustavu. Tijekom pokusnog uzgoja korišten je samo jedan režim ishrane, no bilo bi potrebno istražiti na koliko različitim režima kako bi se postigli optimalni rezultati. Jug-Dujaković i sur. (2009) su pokusom kondicioniranja brlavice *Venus verrucosa* pri različitim režimima ishrane, pokazali da je načinom prehrane i u recirkulaciji moguće pored samog kondicioniranja, dobiti i jedinke zadovoljavajuće tržišne kvalitete.

5. ZAKLJUČCI

S obzirom da tehnologija uzgoja male kapice *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758) nije definirana, predmet ovog istraživanja bio je tijekom šestomjesečnog pokusnog uzgoja u tri različita tehnološka sustava (tankovi recirkulacijskog sustava, pridneni kavezni, lanterne na uzgojnim linijama za školjkaše postavljene na četiri i osam metara dubine) dobiti što potpunije podatke o komercijalnoj kvaliteti ove vrste: stupnju preživljavanja te pokazateljima rasta i kvalitete mekog tkiva. Pokusne jedinke prikupljene su na širem području Malostonskog zaljeva, a potom nasadene u uzgojne sustave na plutajućim parkovima u uvali Bistrina i u mrjestilištu MARIBIC-a.

Ukupna smrtnost školjkaša na kraju pokusnog razdoblja u studenom 2012. god., bila je najniža u recirkulacijskom sustavu uzgoja sa stopom od 27%. Tijekom lipnja 2012. god. uginule su sve pokusne jedinke u lanternama postavljenim na četiri metra dubine, a tijekom srpnja i u lanternama na osam metara dubine, te također u pridnenim kavezima. Mortalitet utvrđen u lanternama i pridnenim kavezima najvjerojatnije se može pripisati visokoj temperaturi morske vode, koja je u vrijeme pojave mortaliteta iznosila preko 26°C, dok je u recirkulaciji vrijednost konstantno održavana na $20\pm1^{\circ}\text{C}$. Ova pretpostavka potvrđena je naknadnim pokusom preživljavanja jedinki pri različitim vrijednostima temperature morske vode (20 i 24 °C) u recirkulacijskom sustavu, kada je pri temperaturi od 24°C pet dana od početka pokusa utvrđen 100% mortalitet, dok na temperaturi od 20 °C nisu opaženi uginuli školjkaši.

U razdoblju 1.5. – 1.7. 2012. god. najveći prirast u dužinu utvrđen je u lanternama na osam metara dubine (1,57 mm i 1,54 mm). Rezultati PCA analize pokazali su dvije slične skupine s obzirom na visinski prirast: recirkulacijski uzgojni sustav i dublje postavljene lanterne. Prirast u širinu i visinu razlikovao se statistički značajno čak i u istom uzgojnem sustavu i za sve tri primjenjene uzgojne tehnologije međusobno, s tim da je ta razlika za prirast u širinu kod uzgoja u lanternama manja u odnosu na druga dva uzgojna sustava.

Indeksi kondicije školjkaša, mjereni po Mann-u (1978) i Fleury-ju (2003) (indeks mesa) također su se značajno razlikovali u srpnju ovisno o primjenjenom uzgojnem sustavu (ANOVA, $p<0,05$).

Pregledom otisaka tkiva gonada utvrđeno je da u prirodnim uvjetima na ovom području do mriještenja dolazi početkom svibnja. U recirkulacijskom sustavu je mriještenje utvrđeno i u jesen. S obzirom na ljetni mortalitet pokusnih jedinki u ambijentalnoj morskoj vodi, ne može se izvući zaključak o eventualnom jesenjem mriještenju prirodne populacije.

S obzirom na rezultate ovog istraživanja, dalo bi se zaključiti da Malostonski zaljev zbog visoke ljetne temperature morske vode, ne predstavlja područje pogodno za uzgoj male kapice. Za razliku od prethodnog zaključka, pokusni uzgoj ove vrste u potpuno kontroliranim uvjetima u zatvorenom recirkulacijskom sustavu pokazao je obećavajuće rezultate te je potrebno provesti daljnja istraživanja kako bi se ova uzgojna tehnologija optimizirala. U prilog ovom zaključku idu i izmjerene vrijednosti pokazatelja rasta male kapice u recirkulacijskom sustavu koje su linearno rasle tijekom cijelog razdoblja pokusnog uzgoja bez izražene sezonalnosti, kao i varijacije indeksa kondicije koje se mogu povezati s periodima mriještenja.

6. LITERATURA

- Balenović, R. 1981. Hidrografske prilike u Malostonskom zaljevu i Malom moru. U: Roglić, J., Meštrov, M. Zbornik radova savjetovanja Malostonski zaljev prirodna podloga i društveno valoriziranje. JAZU. Znanstveni savjet za zaštitu prirode. Dubrovnik, 66-76.
- Barja, L.B., Odjela za mikrobiologiju i parazitologiju Biološkog fakulteta i Instituta za akvakulturu u Santiago de Compostela, Španjolska, usmeno priopćenje.
- Boucaud-Camou, E. i Henry, M. 2003. The digestive system. U: Atlas d'histologie et de cytologie des mollusques bivalves marins = An atlas of histology and citology of marine bivalve moluscs. (Grizel, H., Ur.), Ifremer, France, 65-116.
- Burnell, G.M. 1983. Growth and reproduction of the scallop, *Chlamys varia* (L.), on the west coast of Ireland. Nation University of Ireland, Galway, Ireland. 295 str.
- Conan, G. i Shaffee, M.E. 1978. Growth and biannual recruitment of the black scallop *Chlamys varia* (L.) in Lanveoc area, Bay of Brest. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 35: 59 -71.
- Dao J.C. and Carval J.P. 1999. Present status of the scallop production (*Pecten maximus*) in the bay of Brest (France) combining aquaculture and fishery. 12th International Pectinid Workshop, Bergen (Norway), 5-11 May 1999.
- FAO 1988. Status of scallop farming: A review of techniques.
- Fleury, P.G., Simonne, C., Claude, S., Palvadeau, H., Guilpain, F., D'Amico, F., Le Gall, P., Vercelli, C. et Pien, S. 2003. Réseau Mollusques des Rendements Aquacoles (huître creuse) (REMORA); Résultats des stations nationales, année 2002. Rapport IFREMER DRV/RA-/RST/ 2003-04. 49 str.
- Flury, B. 1988. Common Principal Components ans Related Multivariate Models. John Wiley & Sons. New York.
- Gavrilović, A. 2011a. Utjecaj planktona na morfohistokemijske i biokemijske osobine probavnog sustava kamenice *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) Malostonskog zaljeva. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
- Gavrilović, A., Jug-Dujaković, J., Gjurčević, E., Ljubičić, A. 2008. Utjecaj indeksa kondicije i stupnja infestacije ljuštture polihetom *Polydora spp.* na kvalitetu europske plosnate

kamenice *Ostrea edulis* (Linneaus, 1758) iz Malostonskog zaljeva. Proceedings of the 43 Croatian and 3 International Symposium on Agriculture. Pospišil, M. (Ur.). Zagreb, Faculty of Agriculture, 742-746.

Gavrilović, A., Jug-Dujaković, J., Ljubičić, A., Strunjak-Perović, I., Čož-Rakovac, R., Topić-Popović, N. i Jadan, M. 2011c. Utjecaj uzgojne tehnologije na kvalitetu mesa i preživljavanje kamenice *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) u Malostonskom zaljevu. 46th Croatian&6th International Symposium on Agriculture. Section 6. Fisheries, Game Management and Beekeeping, 159-160.

Gavrilović, A., Jug-Dujaković, J., Marinović-Bonačić, A., Conides, A., Bonačić, K., Ljubičić, A. i Van Gorder, S. 2011b. The influence of environmental parameters on the growth and meat quality of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* (Mollusca: Bivalvia). AACL BIOFLUX (Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation). *Int. J. Bio. Soc.* Vol.4.

Gosling, E., 2003. Bivalve Moluscs - biology, ecology and culture. Fishing News Books, Blackwell Publishing, Oxford 443.

Grubišić, F. 1990. Ribe, rakovi i školjke Jadrana. ITRO Naprijed, Zagreb. 239 str.

<http://seawebvoicesinaction.blogspot.com>

<http://www.fao.org>

<http://www.liceofoscarini.it>

Imai, T. 1977. The evaluation of scallop culture. In: Aquaculture in shallow seas: Progress in shallow sea culture. Tokyo, Koseisha Koseiku Publisher, 261–364.

Imai, T. 1977. Hotate no ido chosa. (Study on the migration of scallops). Hokusuishi Junpo (Fortnightly Report of Hokkaido Fisheries Experiment Station) 204, 5–8.

IOR, Split - Dubrovnik. (Benović, A., Skaramuca, B., Bolotin, J., Kožul, V., Lučić, D., Carić, M., Jasprica, N., Onofri, V., Tutman, P., i Glavić, N.) 2003. Studija utjecaja na okoliš zahvata marikulture na području Malostonskog zaljeva i malog mora (strateška procjena utjecaja na okoliš)., str. 173.

Jørgensen, C.B. 1990. Bivalve Filter Feeding: Hydrodynamics, Bioenergetics, Physiology and Ecology. Olsen & Olsen Ltd., Fredensborg, Denmark.

Jug-Dujaković, Jurica; Gavrilović, Ana; Ljubičić, Ana; Skaramuca Boško 2009. Upotreba fitoplanktonske vrste *Cylindrotheca closterium* izolirane iz Malostonskog zaljeva za kondicioniranje brlavice *Venus verrucosa*. Zbornik radova 3 međunarodnog kongresa agronoma, Opatija, veljača 2009.

Kršinić, F. i D. Mušin 1981. Mikrozooplankton Malostonskog zaljeva i Malog mora. Savjetovanje Malostonski zaljev, prirodna podloga i društveno valoriziranje, JAZU, 108 - 119.

Lubet, P. .1959. Resarches sur le cycle sexuel et l'emission des gametes chez les Mytilides et les Pectinides (Mollusques Bivalves). Revue Trav. Inst. Peches. Marit. T 23: 387-548.

Lucas, A. 1965. Recherches sur la sexualité des Mollusques Bivalves. Bull. biol. France et Belgique, 99 : 115-247.

Mann, R. 1978. A comparison of morphometric, biochemical and physiological index of condition in marine bivalve molluscs. Energy and environmental stress in aquatic systems. Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts. 484-497.

Marasović, I., Pucher-Petković, T. 1981. Promjene produkcijskih prilika u Malostonskom zaljevu nakon 17-godišnjeg perioda. U: Roglić, J., Meštrović, M. (ur.) Zbornik radova savjetovanja Malostonski zaljev prirodna podloga i društveno valoriziranje. JAZU. Znanstveni savjet za zaštitu prirode. Dubrovnik, 89-96.

Marguš, D. 1988. Akvakultura češljača (*Patinopecten yessoensis* Jay) u Japanu. Morsko ribarstvo 4, 119-124.

Marguš, D. 1989a. Akvakultura češljača (*Patinopecten yessoensis* Jay) u Japanu II. Posredni uzgoj. Morsko ribarstvo 1, 9-12.

Marguš, D. 1989b. Akvakultura češljača (*Patinopecten yessoensis* Jay) u Japanu. III. Uzgoj do komercijalne veličine. Morsko ribarstvo 2, 53-57.

Marguš, D. 1990. Biologija i ekologija češljača (Pectinidae) ušća rijeke Krke. Sveučilište u Zagrebu, Doktorska disertacija. 162 str.

MARIBIC 2010. Značajke uzgojnih lokaliteta na osnovu praćenja rasta, indeksa kondicije, zdravstvenog statusa i spolnog sazrijevanja uzgojnih populacija kamenice i mušule u području Malostonskog zaljeva. Završno izvješće projekta, pp. 90.

Nicolas, J.L., S. Corre, G. Gauthier, R. Robert and D. Ansquer. 1996. Bacterial problems associated with scallop *Pecten maximus* larval culture. Diseases of Aquatic Organisms 27: 67-76.

Poppe, G. T. & Goto, Y. 1993. European Seashells. (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda). 2 :221 pp.

Prelević, D., samostalni ribar, obrtnik, usmeno priopćenje.

Rodhouse, P.G. and Burnell, G.M. 1979. 'In situ studies on the scallop *Chlamys varia* (L.)' In: J.C.Gamble and J.D.George (eds). Progress in Underwater Science. London: Underwater Association of Great Britain. [Details]

Rodriguez, S.R., Ojeda, F.P., Inestrosa, N.C. 1993. Settlement of benthic marine invertebrates. Mar. Ecol. Prog. Ser. 97, 193-207.

Sastray, A. N. 1979. Reproduction of marine invertebratePelecypode (excluding Ostreidae). In: A. C. Giese and J. S.Pearse, Reproduction. Academic Press, New York. p. 113-293.

Shafee, S.M., Lucas, A. 1980. Quantitative studies on the reproduction of black scallop *Chlamys varia* (L.) from Lanveoc area. J.exp.mar. Biol. Ecol.,1980, Vol. 42, str. 171-186.

ShumwayS. E., Parsons J. 2006. Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture, Volume 35, Second Edition (Developments in Aquaculture and Fisheries Science)

Spencer, B.E., 2002. Molluscan shellfish farming. First published. Fishing News Books, a division of Blackwell Publishing, Osney Mead, Oxford OX2 0EL, UK, 269 str.

SPSS 2007. Base 16.0 User's Guide. SPSS Inc.

Ventilla, R.F. 1982. The scallop industry in Japan. Adv. Mar. Biol., 20, 310–382.

Viličić, D., Legović, T., Žutić, V. 1989. Vertical distribution of phytoplankton in a stratified estuary. Aquatic Sciences, 51, 31 – 46.

Zavodnik, D., Šimunović, A. 1997. Beskralježnjaci morskog dna Jadrana. IP "Svjetlost", Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo. 217 str.