

# "Promjena abundancije mlađi kamenice *Ostrea edulis*, 1758 u sezoni mriješćenja 2022. na kolektorima u uvali Bistrina"

---

Karabatić, Mirjana

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:857067>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**



SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
ODJEL ZA PRIMIJENJENU EKOLOGIJU  
PREDDIPLOMSKI STUDIJ PRIMIJENJENA EKOLOGIJA MORA

Mirjana Karabatić

**PROMJENA ABUNDANCIJE MLADI KAMENICE, *Ostrea edulis* Linnaeus, 1758 U  
SEZONI MRIJEŠĆENJA 2022. g., U UVALI BISTRINA, MALOSTONSKI ZALJEV**

ZAVRŠNI RAD

Dubrovnik, rujan 2023

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
ODJEL ZA PRIMIJENJENU EKOLOGIJU  
PREDDIPLOMSKI STUDIJ PRIMIJENJENA EKOLOGIJA MORA

Mirjana Karabatić

**PROMJENA ABUNDANCIJE MLADI KAMENICE, *Ostrea edulis* Linnaeus, 1758 U  
SEZONI MRIJEŠĆENJA 2022. g., U UVALI BISTRINA, MALOSTONSKI ZALJEV**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Kruno Bonačić

Komentor: izv. prof. dr. sc. Ana Bratoš Cetinić

Dubrovnik, rujan 2023.

## ISKAZ O IZVEDBI RADA

Ovaj završni rad izrađen je pod stručnim vodstvom doc. dr. sc. Kruna Bonačića, i izv. prof. dr. sc. Ana Bratoš Cetinić u sklopu preddiplomskog studija na Odjelu za primjenjenu ekologiju Sveučilišta u Dubrovniku

## SAŽETAK

Malostonski zaljev jedno je od rijetkih područja u kojem se zbog ekoloških uvjeta i dugotrajne tradicije marikulture odvija prirodan ciklus razvoja većeg broja školjkaša, od kojih se posebno izdvaja europska plosnata kamenica *Ostrea edulis*, koja se stoljećima uzgaja na ovom području.

U ovom radu predstavljeni su rezultati dobiveni eksperimentom u trajanju od travnja do studenog 2022. godine s ciljem definiranja idealnog razdoblja za postavljanje kolektora za prihvata mladi europske plosnate kamenice u Malostonskom zaljevu kao i učinkovitosti kolektora za prihvata mladi.

U istraživanju su se koristili kolektori- plastične kapice koji su komercijalno dostupni i danas najviše korišteni kolektori u Hrvatskoj. Ukupno je bilo 27 kolektora, te su se po tri kolektora (triplikata) tjedno, kroz razdoblje od 9 tjedana postavljala u more, na uzgojne parkove Laboratorija za marikulturu Sveučilišta u Dubrovniku u uvali Bistrina.

Uočena je podudarnost povišenih temperatura u svibnju ( $> 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) s brojem i veličinom prihvaćene mladi, dok slanost nije imala značajan utjecaj na razlike prihvata mladi na kolektore postavljene u različito vrijeme.

Analizom kolektora utvrđen je porast brojnosti mladi na kolektorima postavljenima u more 19. travnja, postupno na svim kolektorima postavljanima pet tjedana, do 17. svibnja. Najviše mladi naselilo se na kolektore postavljene 31. svibnja, nakon čega je broj naseljene mladi opadao iz tjedna u tjedan. Prosječna duljina te prosječna masa su također pratile ovaj trend, najviše vrijednosti duljine i mase su zabilježene na kolektorima postavljenima 10. svibnja, a najveća biomasa na kolektorima postavljenima 17. svibnja.

Pri odvajanju mladi s kolektora pratila se smrtnost mladih jedinki, pri čemu je utvrđeno da najviše ugibanja uzrokuje predacija kvrgavog volka. Stopa mortaliteta nije bitno utjecala na brojnost prihvaćenih kamenica.

Kako ima više čimbenika koji utječu na prihvata, opetovana novačenja i rast kamenica na kolektorima, ne možemo sa sigurnošću utvrditi uzroke rezultata prihvata u ovom istraživanju i preporuča se dodatno praćenje obraštajnih zajednica, i brojnosti ličinaka kamenica u vodenom stupcu, te abiotske i biotske okolišne čimbenike. Međutim, ovo istraživanje može poslužiti kao osnova za daljnja istraživanja i koristiti istraživačima i lokalnim uzgajivačima u planiranju pripreme i postavljanja kolektora za prikupljanje mladi s ciljem unaprjeđenja uzgoja kamenice

Ključne riječi: abundancija, mriješćenje, prihvata mladi, uzgoj, kamenica, Malostonski zaljev

## ABSTRACT

Mali Ston bay is one of the rare areas where, due to the ecological and aquaculture production conditions, a natural cycle of development of a large number of bivalves takes place, of which the European flat oyster *Ostrea edulis* stands out and has been cultivated in this area for centuries.

This thesis presents the results of an experiment that was performed from April to November of 2022 with the aim of defining the ideal period for placing spat collectors for european flat oysters in Maliston Bay, as well as the effectiveness of the collectors themselves.

Plastic cap collectors were used in this research, which are commercially available and today the most used collector in Croatia. There were a total of 27 collectors, and three collectors per week were suspended in the sea for a period of 9 weeks, on the bivalve farm of the University of Dubrovnik's Mariculture Laboratory in the bay of Bistrina.

Increased settlement and spat size found on the collectors coincided with the weeks where elevated temperatures (>18 °C) were observed, while salinity did not have a significant effect on the spat settlement between the weeks of placement.

The analysis of the collectors as part of this research revealed an increase in the number of juveniles from first week (19th April) to fifth week (17th May), with a peak at seventh week (31st May), followed by a decline after. Average length and average weight also followed this trend, but their highest values were in the fourth week (10th May) and the highest biomass was in the fifth week (17th May)

When spat was separated from the collector, special attention was paid to mortality, with the highest mortality being caused by *Hexaplex trunculus* predation, although it did not significantly affect the cultivation itself.

It is important to emphasize that due to the large number of factors that influence settlement, continuous recruitment and growth of oysters on the collectors, we cannot determine with certainty the causes of the results in the current research, and recommend additional monitoring of the abundance of oyster larvae in the water column, and abiotic and biotic environmental factors. However, this research can serve as a basis for further research and can greatly benefit both researchers and locals in planning the preparation and setting up collectors for spat collection all with the aim of enhancing oyster production.

Key words: abundance, spawn, spat settlement, farming, oyster, Mali Ston bay

1	Sadržaj	
2	UVOD .....	4
2.1	Pogodnosti Malostonskog zaljeva za uzgoj školjkaša .....	4
2.1.1	Uzgoj školjkaša u Malostonskom zaljevu .....	4
2.2	Europska plosnata kamenica, <i>Ostrea edulis</i> .....	5
2.2.1	Osnovne morfološke i fiziološke značajke .....	5
2.2.2	Razmnožavanje kamenice .....	6
2.2.2.1	Ličinački stadij .....	7
2.3	Problematika i cilj istraživanja .....	8
3	MATERIJALI I METODE .....	9
3.1	Lokacija i razdoblje istraživanja .....	9
3.2	Priprema i postavljanje kolektora .....	10
3.3	Praćenje abiotskih okolišnih čimbenika .....	11
3.4	Uzorkovanje kolektora .....	11
3.5	STATISTIČKA ANALIZA .....	12
4	REZULTATI .....	13
5	RASPRAVA .....	28
6	ZAKLJUČCI .....	31
7	LITERATURA .....	32

## 2 UVOD

### 2.1 Pogodnosti Malostonskog zaljeva za uzgoj školjkaša

Područje Malostonskog zaljeva sa svojim specifičnim fizikalno-kemijskim i biološkim čimbenicima predstavlja akvatorij s najdužom tradicijom uzgoja školjkaša na istočnoj obali Jadrana i područje je najvećeg uzgoja kamenica (Benović, 1997; Bolotin, 2022).

Ekološki uvjeti koji prevladavaju u Malostonskom zaljevu imaju pozitivan utjecaj na reproduktivni ciklus europske plosnate kamenice *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) koja se u Jadranskom moru mrijesti i prihvaća na kolektore dva puta godišnje (proljeće i jesen). Reproductivni potencijal kamenice je dovoljno visok da se uzgoj i proizvodnja temelji isključivo na mlađi prikupljenoj iz prirode (Meštrović i Požar Domac, 1981; Šimunović, 1981; Bratoš i sur., 2002; Onofri, 2003; Bolotin i sur., 2011). Specifična hidrologija Malostonskog zaljeva uvjetuje izuzetno povoljne uvjete za novačenje i preživljavanje brojnih naselja različitih vrsta školjkaša. Slatka voda smanjuje slanost, što čini povoljne uvjete za rast i preživljavanje školjkaša u prirodnim naseljima duž zaljeva (Bolotin, 2022). Za Malostonski zaljev se može reći da je umjereno eutroficiran ekosustav. Hranjive soli dopijevaju u more s kopna, oborinskim ispiranjem, vruljama i rijekom Neretvom i dovode do razvoja relativno stabilne populacije fitoplanktona (Viličić, 1981). Proljetno se povećanje brojnosti fitoplanktona produžava i na ljetno razdoblje kada je uobičajen razvoj nanofitoplanktona.. Zimi veliki značaj u prehrani ima mikrozooplankton, posebno skupina tintinina, koji u razdoblju spolnog mirovanja povećavaju sadržaj glikogena, pričuvne tvari potrebne za proljetno mriješćenje. Populacija tintinina je najgušća u veljači i ožujku.

Dinamika planktonskih zajednica većim djelom godine ukazuje na dostatnu količinu kvalitetne hrane za malostonsku kamenicu ( Kršinić 1987, Carić i sur. 2000, Hasanpahić 2011).

#### 2.1.1 Uzgoj školjkaša u Malostonskom zaljevu

Malostonski zaljev najveće je područje za proizvodnju školjkaša u istočnom Jadranu, s tradicijom dugom nekoliko stoljeća, a prema nekim autorima čak i iz vremena Rimskog Carstva (Basioli, 1968; Bratoš i sur., 2002). Danas se proizvodnja još uvijek temelji na malim obiteljskim gospodarstvima. Najvažnija vrsta koja se uzgaja na ovom području je europska plosnata kamenica, no uzgoj dagnje *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) nije zanemariv i čini više od pola proizvodnje ove vrste u Republici Hrvatskoj (Pećarević i sur., 2020). Interes



za unapređenje akvakulture kamenica u Malostonskom zaljevu raste i rezultat je zahtjeva tržišta uzrokovanim razvojem turizma (Bratoš i sur., 2002).

U svijetu se kamenice najčešće uzgajaju na dva načina. Prvi od njih je uzgoj na morskom dnu i primjenjuje se u oceanima s velikim oscilacijama plime i oseke. Ovaj uzgoj je neusporedivo jeftiniji od drugoga, tzv. mediteranskog načina. Mediteranski način uzgoja primjenjuje se u Sredozemlju, također i u Malostonskom zaljevu, a odvija se između dna i morske površine na parkovima koji mogu biti stabilni (nepokretni) ili plutajući (Šimunović, 2004).

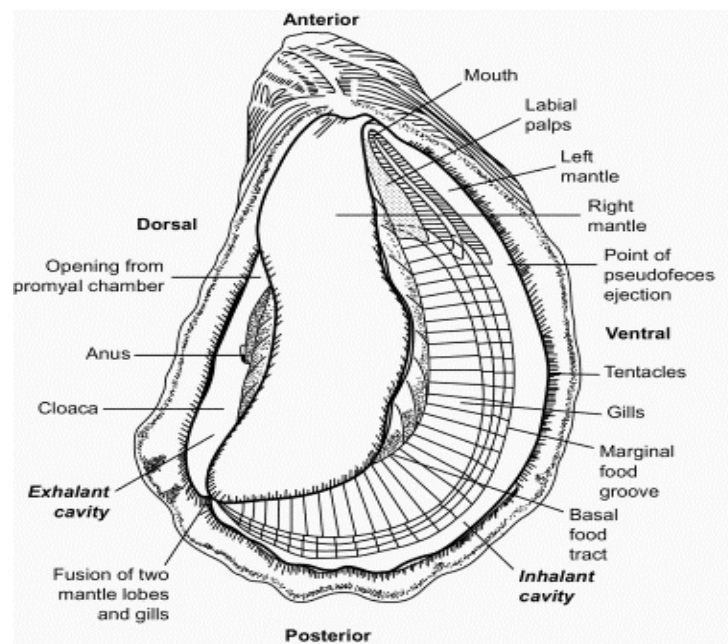
Proizvodni ciklus kamenice u Malostonskom zaljevu započinje prikupljanjem mlađi iz prirode. U tu svrhu se koriste razne vrste kolektora, od kojih najstariju vrstu predstavljaju veće grane od hrasta i snopovi grana različitog grmlja, dužine 1,5 do 2 metra, takozvani "fašini", (Bratoš Cetinić i Bolotin, 2016). Druga vrsta kolektora koji se koriste su stari pergolari za uzgoj dagnji, „koltrine“. Mreže se vežu s obje strane na metalne šipke, a potom se polažu što bliže morskom dnu, na 0,5 do 1 m iznad morskog dna (Gavrilović i Petrinec, 2003). Mlađ prikupljena na mrežama, razrjeđuje se i ostavlja u moru dok kamenica ne dostignu tržišnu veličinu (Bratoš Cetinić i Bolotin, 2016). Najnovija metoda je korištenje plastičnih kapica koje su nanizane na plastične šipke u tzv. „češljeve“. Takvi češljevi se povezuju u redove od 5 na željezne šipke i suspendiraju se na plutajuće parkove tako budu na 0,5 do 1 m iznad morskog dna (Pećarević i sur., 2020).

## 2.2 Europska plosnata kamenica, *Ostrea edulis*

### 2.2.1 Osnovne morfološke i fiziološke značajke

Europska plosnata kamenica je vrsta koja je rasprostranjena od Norveške do Maroka u sjeveroistočnom Atlantskom oceanu te u čitavom području Sredozemlja (Poppe i Goto, 1993). Ubraja se u porodicu *Osteridae*. Ovalna je oblika, nepravilnih rubova, nejednakih ljuštura od kojih je lijeva (donja) konveksna, a desna (gornja) ravna i ulazi unutar lijeve. Boja lijeve ljušture može biti žućkasto-smeđa ili žuto zelena, a desna sivo-smeđa ili smeđa. Ljuštura im se sastoji od koncentričnih crta, brazda, i lisnatih ljuskica, dok zone samog rasta nisu potpuno jasne. Unutrašnjost ljuštura je biserno bijela, ponekad sa zelenim, crveno-smeđim ili plavo sivim mrljama, s blijedim otiskom stražnjeg mišića zatvarača (Milišić, 1991; Margoš, 1998; Bolotin, 2022).

Za razliku od većine školjkaša koji imaju dva mišića zatvarača (aduktora), prednji i stražnji, kamenica je školjkaš sa samo jednim, stražnjim aduktorom, koji je pomaknut prema sredini ljuštura. Unutar kamenice plašt istodobno obavija meko tkivo i prostor unutar ljuštura, stvarajući pritom ulazni i izlazni otvor plaštane šupljine. Na prednjoj strani tijela smješten je usni otvor koji je ograđen je s dva para usnih krpica (labijalnih palpi) na koje se nastavlja par češljastih škrga koje dijele šupljinu na veću ulaznu i manju izlaznu komoru (Slika 1) (Quayle, 1969; Walne, 1974; Bolotin, 2022)



Slika 1. Unutarnja građa kamenice

(Izvor : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128034729000054>)

### 2.2.2 Razmnožavanje kamenice

Kamenica je protoandrični hermafrodit što znači da spolno sazrijeva najprije kao mužjak pa kao ženka. Muške gamete se stvaraju već početkom godine nakon što ličinka kamenice pređe na sesilni način života. Nakon otpuštanja muških spolnih gameta slijedi inverzija spola, pa se pojavljuje razvojna faza ženke i to u drugoj godini. Inverzija spola iz mužjaka u ženku ide mnogo sporije nego obratno, jer stvaranje jajnih stanica više iscrpljuje organizam kamenice nego proizvodnja spermija. Inverzija spola nastavlja se dalje tijekom života jedinki, a može nastupiti u vrlo kratkom vremenskom razdoblju, od svega nekoliko dana (Nerlović, 2005). Reproductivna sezona nastupa povišenjem temperature morske vode tijekom proljeća, a veća

prisutnost ličinaka u planktonu može se zamijetiti kada temperature mora narastu na 20 °C i preko (Cook, 1975; Hrs-Brenko, 1980). Utvrđeno je da je na području viših geografskih širina, npr. u skandinavskim zemljama, reproduktivni period kamenice kratak i to samo jedna sezona mriješćenja i jedna promjena spola, dok južnije, npr. u Jadranu, do mriješćenja i promjene spola dolazi više puta u godini (Bolotin i sur.,2022)

Na omjer spolova *O. edulis* utječu uvjeti okoliša kao što su temperatura, slanost i dostupnost hrane (Diaz-Almela, 2004; Eagling i sur., 2017). Visoka temperatura, a posebno slanost, dovode do povećanja udjela mužjaka, dok su niske vrijednosti temperature i slanosti povezane s povećanim udjelom ženki (Rao i Nayar, 1956)

Europska plosnata kamenica je larviparni organizam, što znači da se oplodnja, te embrionalni i ličinački razvoj obavljaju u plaštanoj šupljini ženke. Ženka izbacuje jajašca kroz genitalni otvor u ekshalatnu komoru (izlaznu komoru) odakle se potiskuju u inhalantnu komoru (ulaznu komoru) gdje se odvija oplodnja spremom koja je donesena inhalantnom vodenom strujom. Razvoj oplođene jajne stanice, preko trohofore do formiranja veliger ličinke odvija se dalje u plaštanoj šupljini, u inhalantnoj komori. Jaja kamenice imaju veličinu oko 150 µm u trenutku oslobađanja iz gonadnoga tkiva (Korringa, 1940; Yonge, 1960).. Spolno zrela ženka kamenice proizvede oko 1 do 1,5 milijun jaja, ovisno veličini. Duljina inkubacije oplođenih jajih stanica ovisi o temperaturi mora, a može trajati 8 do 14 dana pri temperaturama od 18 do 20 °C (Martin i sur., 1995).

#### 2.2.2.1 Ličinački stadiji

Tijekom embrionalnog stadija nastupa najprije brazdanje, zatim gastrulacija do oblikovanja ličinke trohofore koja je obavijena izrazito tankim trepetljikama pomoću kojih se kreće. U tom razdoblju ličinke leže nepričvršćene u inhalantnoj komori (ulaznoj komori) na površini škruga. U trenutku izbacivanja iz plaštane šupljine ličinke su velike između 160 do 200 µm i nastavljaju živjeti u vodenom stupcu nošene strujama (Martin i sur., 1995). Ličinku u ovom stadiju nazivamo veliger ličinkom, a radi svog oblika se ponekad naziva i „D" ličinka. Tada se formira prva ljuštura koja je poluprozirna što omogućuje dobru vidljivost unutrašnjih organa te se razvija i velum, organ koji je odgovoran za plivanje, izmjenu plinova i apsorpciju otopljenih organskih tvari (Erdmann, 1935; Manahan, 1983; Strathmann, 1987).

Sljedeći razvojni stadij je pediveliger ličinka, u kojoj je ličinka ima formirano stopalo i spremna je za metamorfozu. U tom stadiju ličinka može plivati, ali i puzati po podlozi koristeći

stopalo. Najvažnija osobina ličinke pred kraj ovoga stadija je razvoj dugačkog stopala za puzanje i razvoj pigmentirane očne pjegice (Erdmann, 1935; Raven, 1964).

Kada ličinke kamenice dosegnu veličinu od 300  $\mu\text{m}$ , započinje najosjetljivija faza u njihovom životnom ciklusu tijekom koje moraju pronaći podlogu za prihvat. Tijekom ovog razdoblja dolazi i do metamorfoze ličinaka u mlađ, što znači da organizam prolazi kroz niz anatomskih i fizioloških promjena te se hrani značajno manjim intenzitetom. Zrele ličinke kamenice negativno su fototaktične, što znači da se kreću suprotno od izvora svjetlosti, odnosno prema morskom dnu. Kada ličinka dođe u doticaj s podlogom, puže koristeći stopalo dok ne pronađe zadovoljavajuću mikrolokaciju za naseljavanje. Ako to ne ostvari, kamenice privremeno odgađaju naseljavanje nastavljajući život u pelagijalu, tražeći drugo povoljno mjesto za prihvat, ali nakon određenog vremena, ako ga ne pronađe, slijedi nepovratna promjena veluma, te ljušturica i jedinka ugiba (Cranfield, 1973; Kasyanov, 1984). Ukoliko su povoljni uvjeti, na bazi stopala cementna žljezda izlučuje spoj sličan cementu kojim se u tom trenutku, i jedino tada tijekom čitavog životnog ciklusa, trajno prihvaća na podlogu. Nakon naseljavanja na odgovarajuću podlogu, ličinka u kratkom vremenu završava proces metamorfoze i započinje život sesilnog organizma. Tijekom cementiranja za podlogu i preobrazbe, nestaje stopalo, velum i pigmentirana očna pjega (Cranfield, 1973; Harper, 1991).

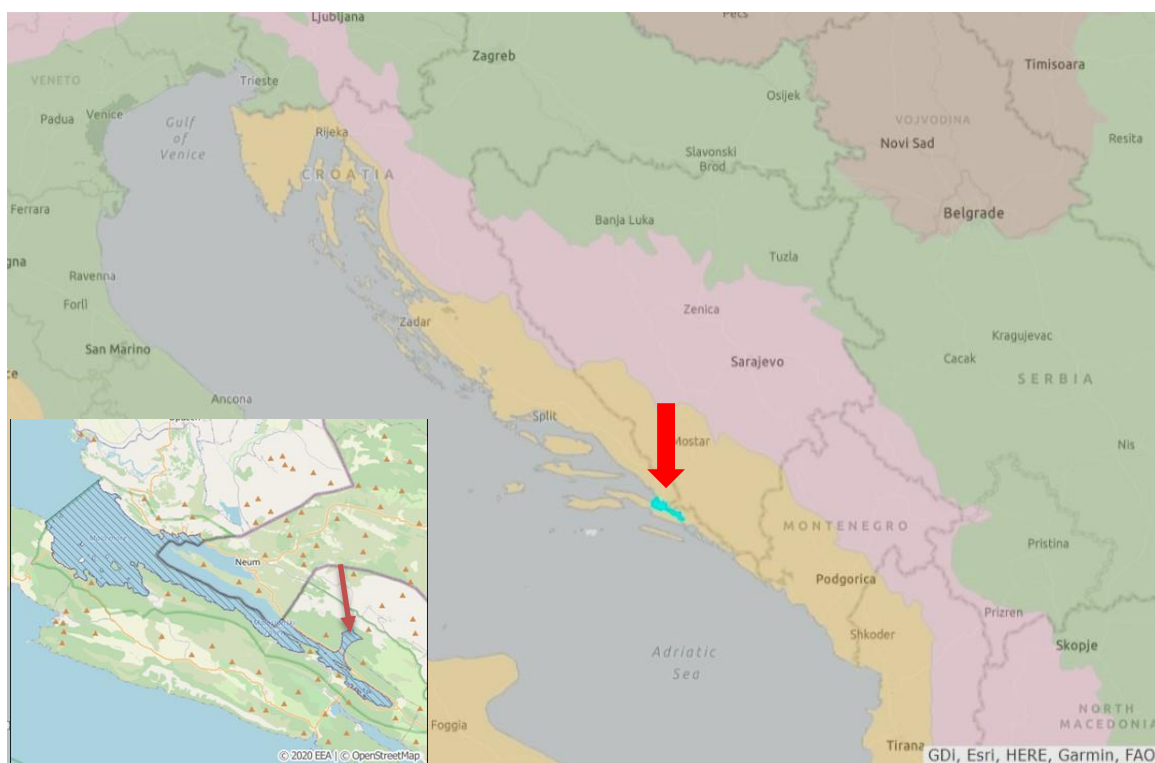
### 2.3 Problematika i cilj istraživanja

Tradicionalno, uzgajivači postavljaju kolektore za kamenice tijekom dužeg razdoblja tijekom kasnog proljeća tijekom kojeg se koriste znatni resursi u nadi da će se pogoditi razdoblje najvećeg naseljavanja mlađi bar na dijelu postavljenih kolektora. Temperatura mora je možda najznačajniji čimbenik koji uvjetuje ispuštanje ličinaka u vodeni stupac, dok je slanost iznad 22,5 ključna za razvoj planktonske ličinke do naseljavanja na podlogu (Hrs-Brenko, 1980). S tim u vidu, vrhunac mriješćenja europske plosnate kamenice i uspješan prihvat može varirati iz godine u godinu, a za očekivati je da će u budućnosti nastupati sve ranije usljed povišenih temperatura mora. U slučaju da se ne „pogodi“ točno razdoblje u kojem se u vodenom stupcu nalazi veća količina pediveliger ličinaka spremnih za prihvat, kolektore mogu nastaniti drugi obraštajni organizmi i time ograničiti prostor dostupan mladim kamenicama. Ovo istraživanje je osmišljeno s ciljem definiranja idealnog razdoblja za postavljanje kolektora u Malostonskom zaljevu kao i učinkovitost samih kolektora za prihvat mlađi europske plosnate kamenice. Kao kolektori koristile su se plastične kapice – komercijalno dostupan i danas široko korišten kolektor u Hrvatskoj i Svijetu.

### 3 MATERIJALI I METODE

#### 3.1 Lokacija i razdoblje istraživanja

Područje istraživanja bila je uvala Bistrina u Malostonskom zaljevu koja se spominje kao kolijevka uzgoja kamenica na ovom području (Tomšić i Lovrić, 2004). Bistrina je uvučena u kopno 3 km prema sjeveru, a široka je poprečno oko kilometar. Dno je pjeskovito i sadrži mnogobrojne vrulje, izvore slatke vode, što pogoduje eutrofikaciji a time i samoj ishrani kamenica. Uvalu karakteriziraju umjerene struje, koje su vrlo pogodne za zadržavanje i distribuciju izmriješćenih planktonskih ličinki (Tomšić i Lovrić, 2004).



Slika 2. Lokacija uzgojnog parka gdje su postavljeni kolektori u uvali Bistrina u Malostonskom zaljevu (izvor karte: <https://eunis.eea.europa.eu/sites/HR4000015>; [Protected sites \(EUNIS\) \(europa.eu\)](https://eunis.eea.europa.eu/sites/HR4000015))

Za istraživanje je korišten plutajući uzgojni park Laboratorija za marikulturu Sveučilišta u Dubrovniku u uvali Bistrina (Slika 2). Cjelokupno istraživanje provedeno je u razdoblju od travnja do studenog 2022. godine.

### 3.2 Priprema i postavljanje kolektora

Kao kolektori su se koristile komercijalno dostupne plastične kapice nanizane na plastičnu cijev – tzv. „češalj“. Svaki kolektor za potrebe ovog pokusa sastojao se od tri „češlja“, dok se na svakom „češlju“ nalazilo 48 plastičnih kapica. Duljina svakog češlja je bila 120 cm a promjer kapice 15 cm (Slika 3). Prije upotrebe za pokus, kolektori su prvo uronjeni u more na razdoblje od tri tjedna nakon čega su temeljito oprani slatkom vodom i pušteni tjedan dana da se osuše na suncu kako bi se uklonile kemijske rezidue preostale od proizvodnog procesa plastike, te stvorila pogodnija površina za prihvat ličinaka.



Slika 3. Kolektor za prihvat mlađi kamenice

Za potrebe pokusa, kolektori su postavljeni na plutajuće parkove na dubinu od oko 6 do 8 metara, jedan metar iznad dna. Postavljeni su na parkove tijekom razdoblja od dva mjeseca od 19. travnja 2022. do 13. lipnja 2022. Postavljeno je sveukupno 27 kolektora za prihvat mlađi kamenica kroz navedeno razdoblje od 9 tjedana (jednom tjedno u triplikatu) tako da se obuhvati pretpostavljeni početak, sredina i kraj proljetne sezone mriješćenja, odnosno prihvata kamenica u Malostonskom zaljevu. Prvi triplikat kolektora postavio se 19. travnja 2022., a posljednji 13. lipnja 2022. Svaki kolektor je stajao u moru 4 mjeseca, tako da je njihovo

uzorkovanje provedeno tijekom razdoblja od 9 tjedana, počevši 30.08.2022. i završavajući 25.10.2022. godine.

### 3.3 Praćenje abiotskih okolišnih čimbenika

Pri postavljanju kolektora, ručnom sondom (YSI ProSolo ODO/CT 20m) izmjereni su abiotski čimbenici temperatura i slanost i to na tri različite dubine (0, 2,5 i 5m). Sondom Sea-Bird Scientific HydroCAT (OTT Hydromet GmbH, Njemačka) na meteo-oceanografskoj postaji instaliranoj u okviru Interreg IT-HR projekta CHANGE WE CARE, u suradnji s Institutom za oceanografiju i ribarstvo iz Splita, koja se nalazi uz obalu u blizini uzgojnih parkova, kontinuirano su, svakih 10 minuta, mjerene temperatura i slanost na prosječnoj dubini od 1,5 m tijekom boravka kolektora u moru.

### 3.4 Uzorkovanje kolektora

Uzorkovanje triplikata kolektora provodilo se u jednom danu svaki tjedan. Analiziran je prihvat ličinaka, odnosno prisutnost mlađi kamenica na ukupno 15 kapica po češlju, i to na 6. - 10., 22. - 26. i 39. - 43. kapici, počevši od vrha. Analizirala se gornja i donja strane svake kapice. Svaka živa mlada kamenica na analiziranim kapicama ručno je odvojena te joj je izmjerena masa tehničkom vagom preciznosti 0,01 g i duljina najveće osi ljuštore pomičnim mjerilom. Zabilježen je ukupni broj kamenica na 15 analiziranih kapica po svakom češlju. Pri odvajanju mlađi s kolektora, posebna pozornost se obraćala i na uginule jedinke. Uzrok mortaliteta je identificiran i klasificiran kao rezultat predacije komarče (*Sparus aurata*, L., 1758), kvrgavog volka (*Hexaplex trunculus*, L., 1758) ili kao prirodni mortalitet koji nije uzrokovan predacijom. Sva mjerenja su obavljena u Laboratoriju za marikulturu Sveučilišta u Dubrovniku, u uvali Bistrina neposredno nakon vađenja iz mora.

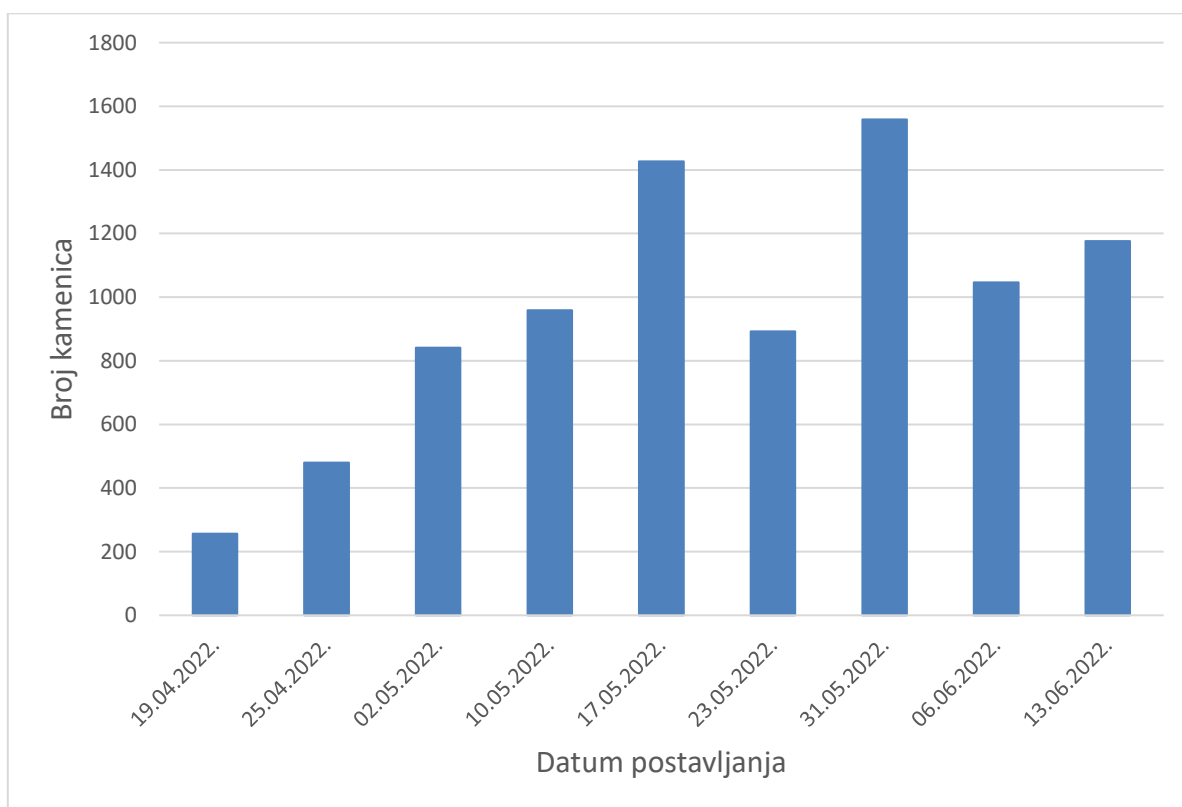
### 3.5 STATISTIČKA ANALIZA

Kategorijski podatci su predstavljeni apsolutnim i relativnim frekvencijama. Numerički podatci opisani su aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom, a za potrebe grafičkih prikaza srednjih vrijednosti korištena je standardna pogreška. Razlike numeričkih varijabli između tri i više nezavisnih skupina testirane su ANOVA testom, a statistički značajne razlike među grupama definirane Posthoc Tukey testom. Sve p vrijednosti su bile dvostrane, a razina značajnosti je postavljena na 0,05. Za statističku analizu korišten je statistički program Minitab 17.1.0 (Minitab Inc.).



## 4 REZULTATI

Početni broj kamenica na kolektorima koji su postavljeni 19. travnja, odnosno prvi tjedan sezone mriješćenja bio je 256 jedinki i postupno je rastao do 17. svibnja (petog tjedna) kada je na uzorkovanim kolektorima nađeno 1427 prihvaćenih jedinki. Na kolektorima postavljenim 23. svibnja (šesti tjednan) uočen je pad brojnosti prihvaćenih kamenica, nakon čega broj kamenica na kolektorima postavljenim 31. svibnja (sedmi tjedan) ponovno raste i dostiže najveće vrijednosti zabilježene tijekom ovog pokusa ( $N = 1559$ ). Nakon ovog vrhunca, brojnost kamenica na kolektorima postavljenim 6. lipnja i 13. lipnja (8. i 9. tjedan) ponovo opada (Tablica 1; Slika 4).



Slika 4. Broj kamenica na kolektorima četiri mjeseca nakon postavljanja u more. Kolektori su postavljeni svaki tjedan tijekom proljetne sezone mriješćenja

Od ukupnog broja prihvaćene mlađi na kolektore, najveći udio je zabilježen tijekom 31.svibnja; sedmog tjedna postavljanja kolektora (18,1%), a zatim 17.svibnja; petog tjedna postavljanja kolektora (14,6%), 13.lipnja; devetog tjedna (13,6%), 23.svibnja; šestog tjedna (12,5%) i 6. lipnja; osmog tjedna postavljanja kolektora (12,1%) (Tablica 1). Ukupne količine kamenica na pojedinim kolektorima od svakog tjednog triplikata nisu se znatno razlikovale (Tablica 1). Distribucija prihvata na samim češljevima unutar svakog pojedinog kolektora je također bila jednolična, s 33,5% od ukupnog prihvata na prvom češlju, 30,5% na drugom (srednjem) i 35,9%, na trećem (Tablica 1)

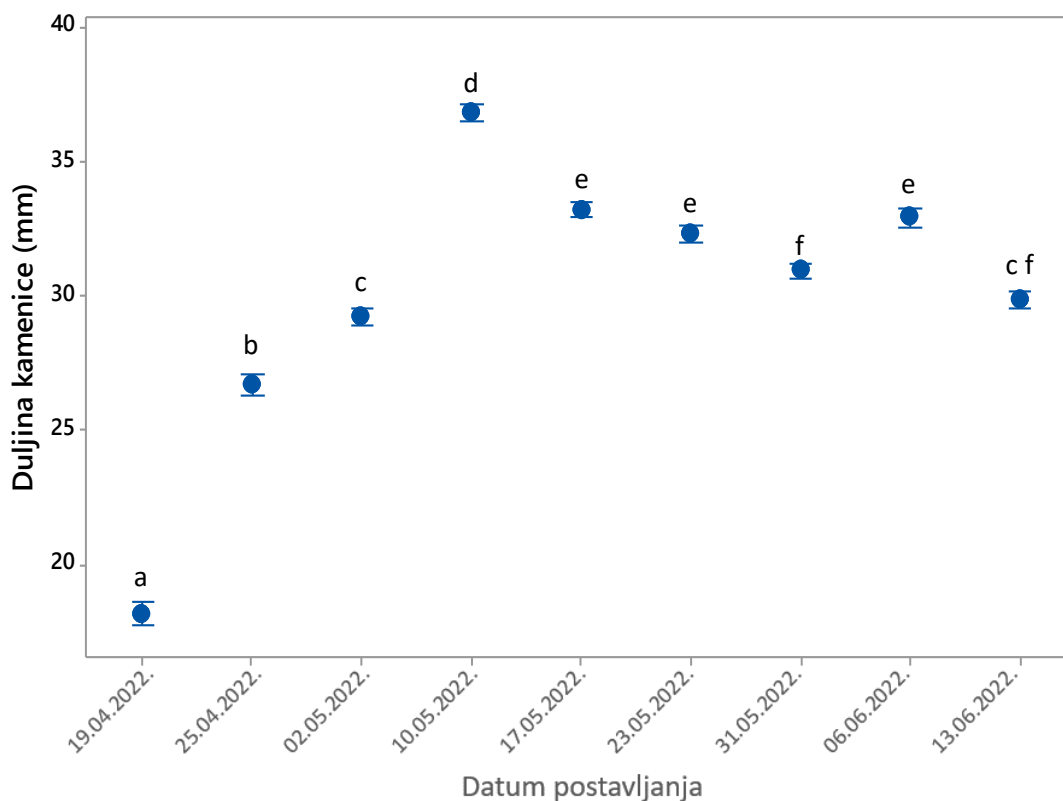
Tablica 1. Relativna frekvencija mlađi na triplikatima kolektora postavljenih svaki tjedan od 19. travnja do 13. lipnja (9 tjedana ukupno), odnosno na prvom, drugom ili trećem kolektoru svakog tjedna, neovisno o tjednu postavljanja, te na prvom, drugom ili trećem češlju svakog kolektora, neovisno o kolektoru ili tjednu postavljanja

		%
Datum postavljanja	19.04.2022.	3,0%
	25.04.2022.	5,6%
	02.05.2022.	9,7%
	10.05.2022.	10,9%
	17.05.2022.	14,6%
	23.05.2022.	12,5%
	31.05.2022.	18,1%
	06.06.2022.	12,1%
	13.06.2022.	13,6%
	Ukupno	100,0%
	Kolektor	1
2		32,3%
3		35,4%
Ukupno		100,0%
Češalj	1	33,5%
	2	30,5%
	3	35,9%
	Ukupno	100,0%

Najmanja prosječna veličina kamenica bila je na kolektorima koji su postavljeni 19. travnja, prvog tjedna pokusa ( $18,13 \pm 7,06$  mm;  $0,83 \pm 1,05$  g; Tablica 2). Blagi rast prosječne veličine prihvaćenih jedinki uočen je u drugom (25. travnja) i trećem tjednu (2. svibnja) postavljanja kolektora, a najveće prosječne vrijednosti bile su u četvrtom tjednu (10. svibnja;  $35,39$  mm;  $4,57 \pm 3,01$  g; Tablica 2)). U petom (17. svibnja), šestom (23. svibnja), sedmom (31. svibnja) i osmom tjednu (6. lipnja), prosječna duljina i masa prihvaćenih kamenica su i dalje bile visoke, dok u devetom tjednu (13. lipnja) opet dolazi do pada ( $29,84 \pm 9,03$  mm;  $2,28 \pm 1,71$  g; Tablica 2).

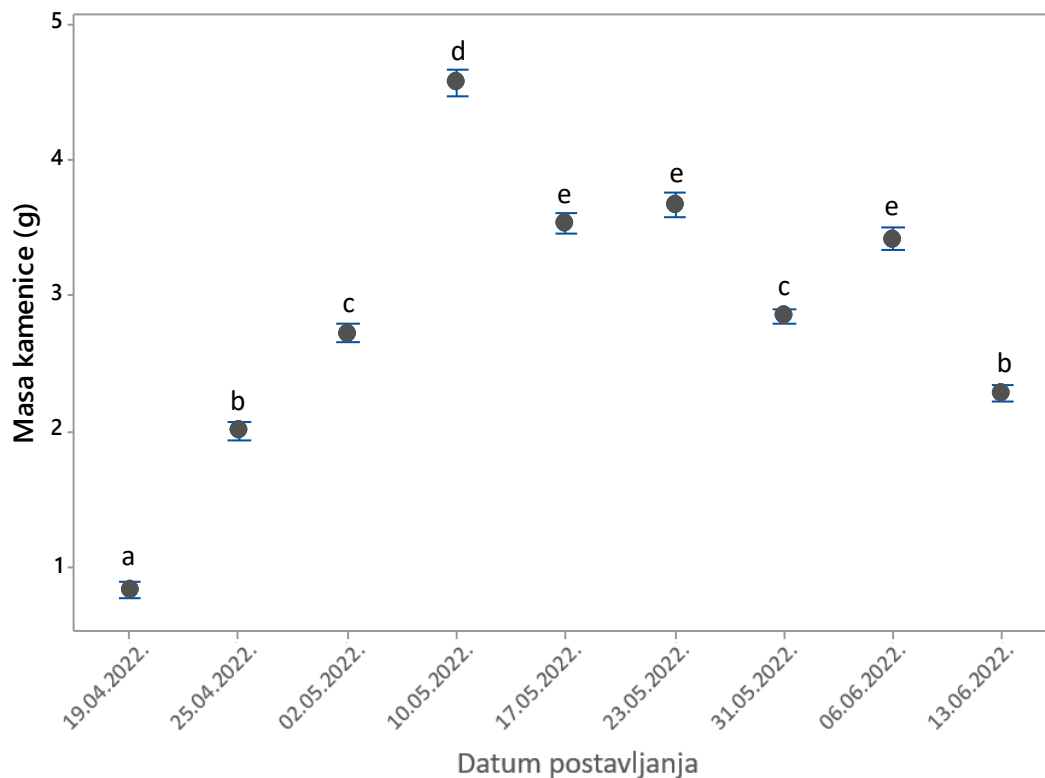
Tablica 2. Duljina ljuštire i masa prihvaćene mlađi kamenica na kolektorima 4 mjeseca nakon postavljanja u more za svaki uzastopni tjedan postavljanja. Vrijednosti su izražene kao prosjek  $\pm$  standardna devijacija

Datum postavljanja	Broj kamenica	Duljina kamenice (mm)	Raspon duljina (mm)		Masa kamenice (g)	Raspon masa (g)	
			Minimum	Maksimum		Minimum	Maksimum
19.04.2022.	256	$18,13 \pm 7,06$	2,41	43,16	$0,83 \pm 1,05$	0,02	7,41
25.04.2022.	480	$26,65 \pm 8,82$	7,46	66,32	$2,01 \pm 1,57$	0,03	10,09
02.05.2022.	842	$29,23 \pm 9,06$	4,99	70,43	$2,72 \pm 1,91$	0,10	11,38
10.05.2022.	940	$35,39 \pm 9,89$	11,63	64,97	$4,57 \pm 3,01$	0,10	34,51
17.05.2022.	1261	$33,08 \pm 9,73$	8,40	63,16	$3,53 \pm 3,01$	0,02	66,77
23.05.2022.	1077	$33,87 \pm 10,16$	9,43	58,24	$3,67 \pm 2,80$	0,06	15,80
31.05.2022.	1559	$30,92 \pm 9,80$	2,90	60,69	$2,85 \pm 2,26$	0,01	15,47
06.06.2022.	1046	$32,90 \pm 10,81$	0,57	64,16	$3,42 \pm 2,79$	0,09	16,44
13.06.2022.	1176	$29,84 \pm 9,03$	9,51	59,81	$2,28 \pm 1,71$	0,05	10,49
Ukupno	8245	$31,48 \pm 10,25$	0,57	70,43	$3,15 \pm 2,63$	0,01	66,77



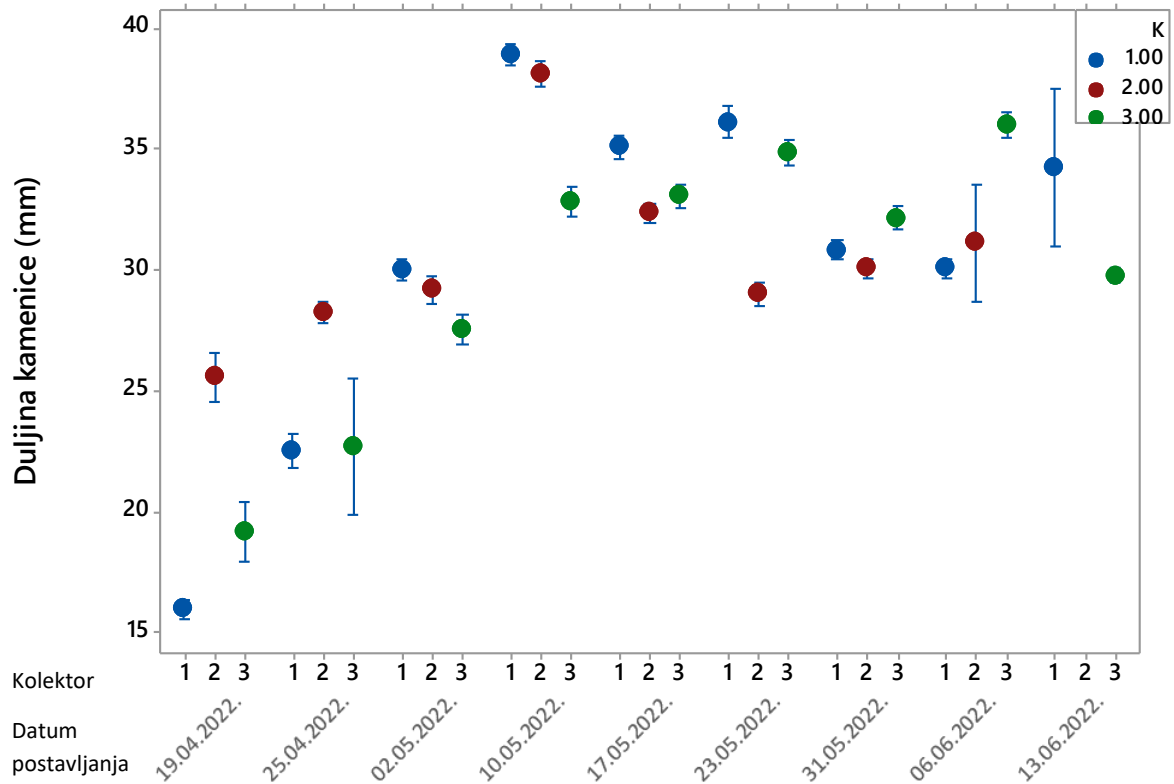
Slika 5. Prosječna duljina kamenica ( $\pm$ SE) na kolektorima izmjerena četiri mjeseca nakon postavljanja u more. Kolektori su postavljani svaki tjedan od 19. travnja do 13. lipnja tijekom proljetne sezone mriješćenja. Slova označavaju statistički značajne razlike među grupama koje su dobivene one-way ANOVA Tukey posthoc testom

Statistički značajne razlike duljina ljuštura analiziranih kamenica ( $p < 0,05$ ) mogu se uočiti između mladi prikupljene s kolektora koji su postavljeni 19. travnja i 25. travnja odnosno prvi i drugi tjedan sezone mriješćenja, nakon čega nema statistički značajnih razlika između nešto većih prosječnih duljina kamenica s kolektora postavljenih 2. svibnja i 13. lipnja odnosno treći i deveti tjedan sezone mriješćenja. Prosječna duljina kamenica s kolektora postavljenih 10. svibnja (četvrti tjedan) je statistički uvjerljivo najveća, a 17. svibnja, 23. svibnja, 6. lipnja, odnosno tijekom središnjih tjedana sezone mriješćenja (5., 6. i 8.) nema značajnih razlika, s iznimkom 31. svibnja (sedmi tjedan) u kojem su prosječne duljine statistički slične 13. lipnja (devetom tjednu) (Slika 5).

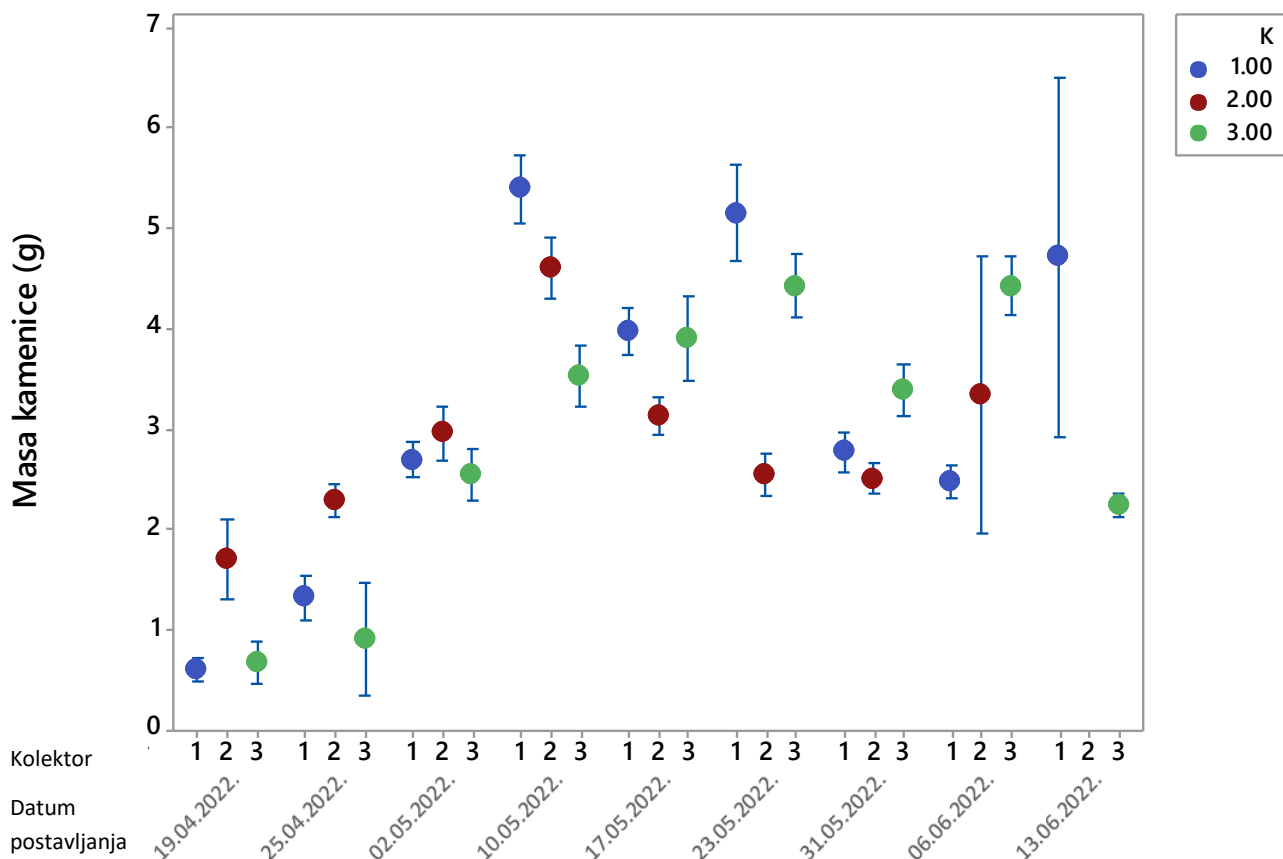


Slika 6. Prosječna masa kamenica ( $\pm$ SE) na kolektorima izmjerena četiri mjeseca nakon postavljanja u more. Kolektori su postavljeni svaki tjedan od 19. travnja do 13. lipnja tijekom proljetne sezone mriješćenja. Slova označavaju statistički značajne razlike među grupama koje su dobivene one-way ANOVA Tukey posthoc testom

Slično je uočeno statističkom analizom mase mlađi kamenica s kolektora, s iznimkom 13. lipnja (devetog tjedna) u kojem je prosječna masa značajno niža od mase kamenica s kolektora postavljenih od 10. svibnja (četvrti tjedan) do 6. lipnja (osmi tjedan) sezone mriješćenja (Slika 6)

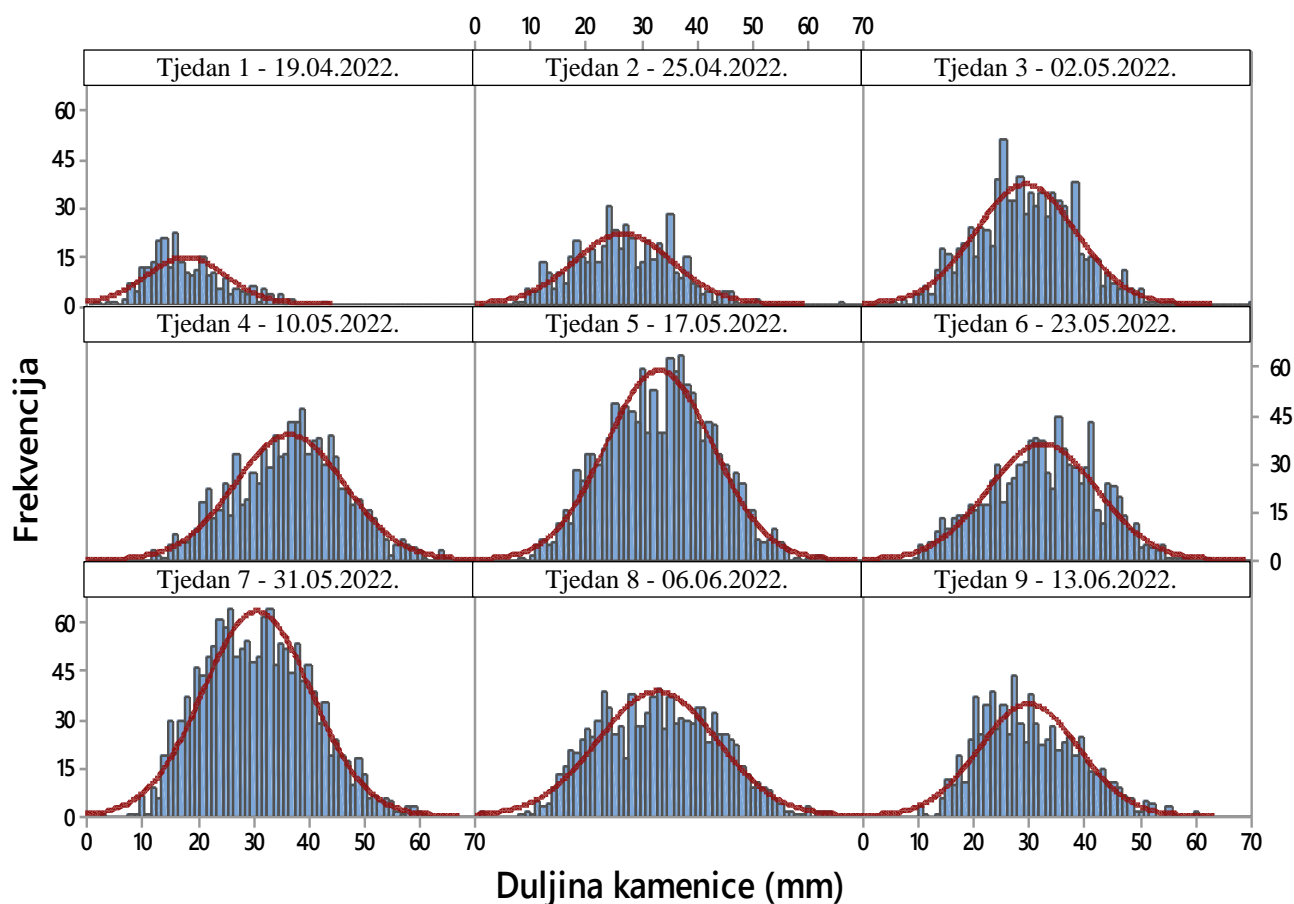


Slika 7. Prosječna duljina ljušture kamenica ( $\pm$ SE) prikazana odvojeno za svaki od tri kolektora postavljena tijekom 9 tjedana od 19. travnja do 13. lipnja proljetne sezone mriješćenja. Duljine kamenica su mjerene na poduzorcima sa svakog kolekora četiri mjeseca nakon postavljanja u more



Slika 8. Prosječna masa kamenica ( $\pm$ SE) prikazana odvojeno za svaki od tri kolektora postavljena tijekom 9 tjedana od 19. travnja do 13. lipnja proljetne sezone mriješćenja. Masa kamenica je mjerena na poduzorcima sa svakog kolektora četiri mjeseca nakon postavljanja u more

Prosječna duljina i masa kamenica je nešto varirala među pojedinim kolektorima postavljenim svaki tjedan (Slika 7, 8), a varijabilnost vrijednosti je najviše uočena na kolektorima postavljenim 19. travnja; 25. travnja i 6. lipnja; 13. lipnja odnosno prva dva i zadnja dva tjedna sezone mriješćenja.

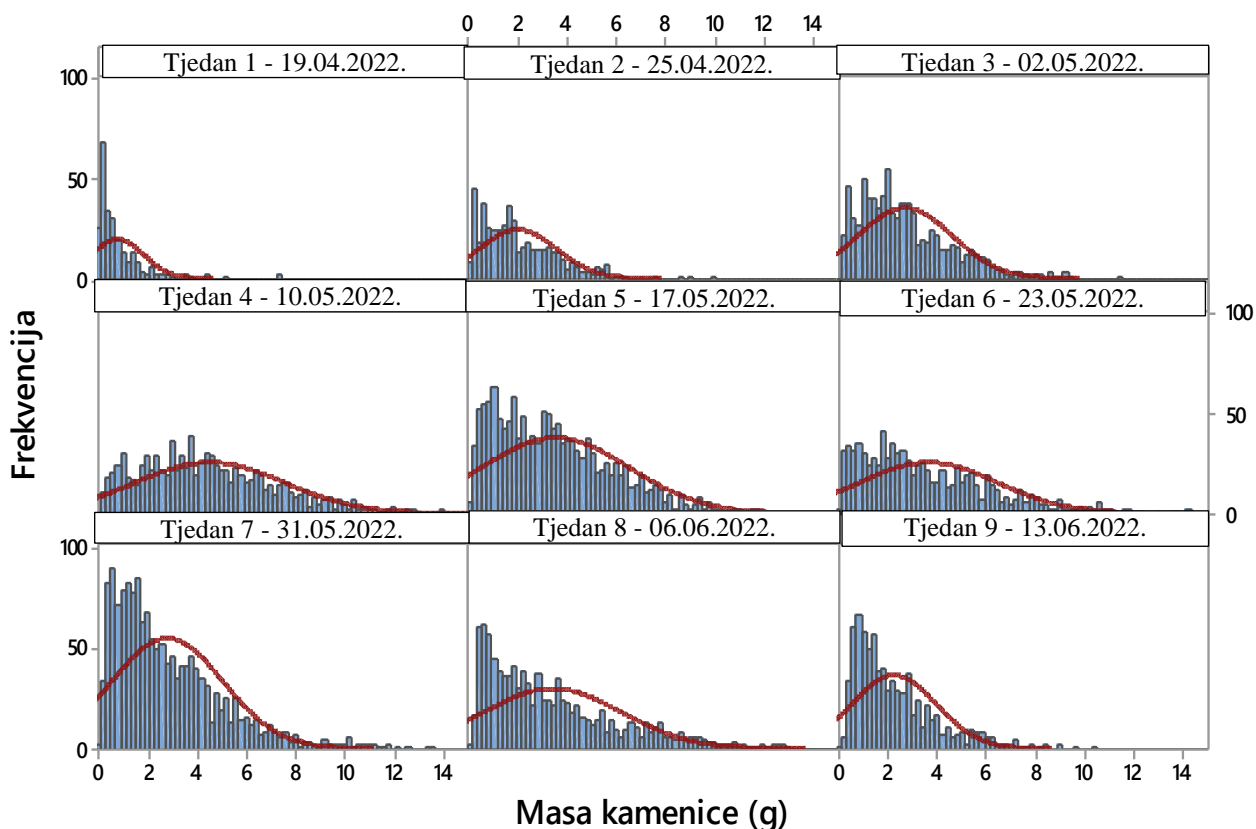


Slika 9. Distribucija duljina ljuštura kamenica na kolektorima četiri mjeseca nakon postavljanja u more. Kolektori su postavljeni svaki uzastopni tjedan od 19. travnja do 13. lipnja, tijekom proljetne sezone mriješćenja. Svaki graf predstavlja frekvenciju veličinskih kategorija u jednom tjednu. Za svaki tjedan su analizirana 3 kolektora, osim 9., kada su samo

2

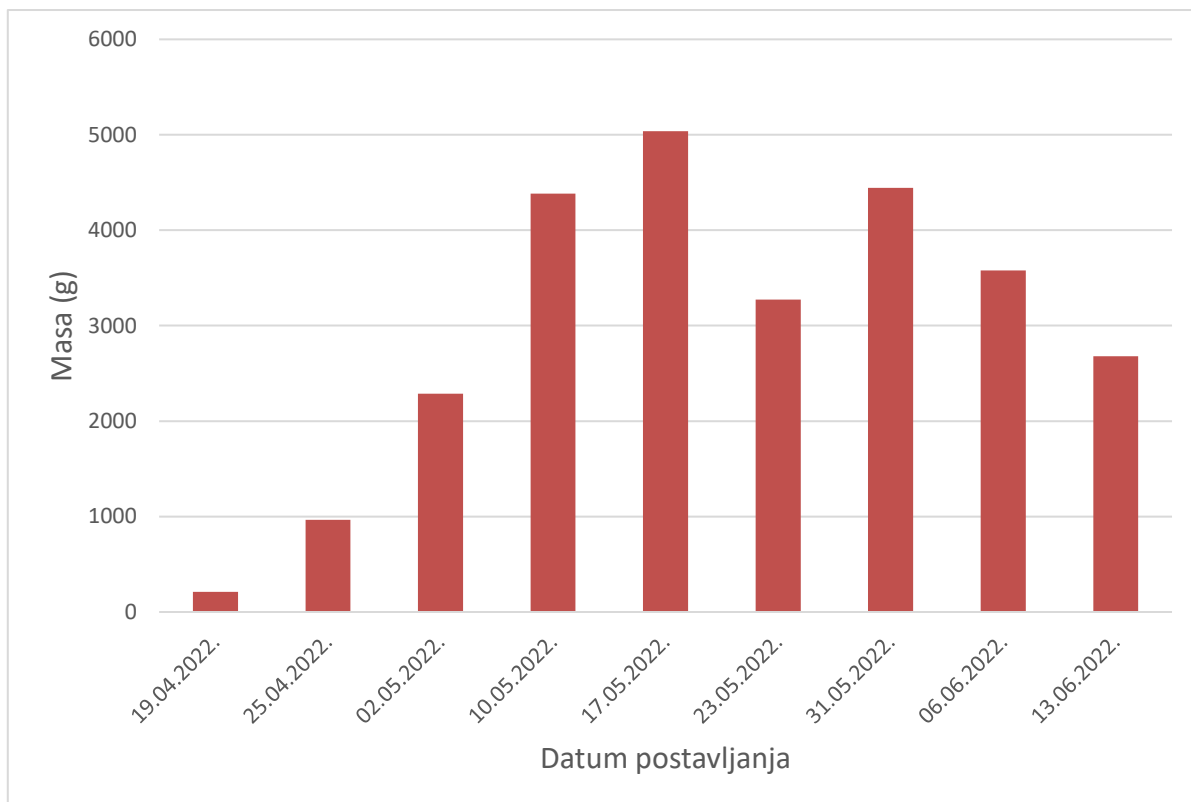
Odnos brojnosti prihvaćene mlađi na kolektorima u odnosu na njihove duljine ljuštura najbolje je vidjeti u usporedbi histograma za svaki datum postavljanja kolektora kroz devet tjedana. (Slika 9). Gaussova krivulja pokazuje normalnu distribuciju u svakom tjednu s najvećim frekvencijama 17. svibnja i 31. svibnja (u petom i sedmom tjednu). Iskrivljenost podataka je manja od jedan za svaki tjedan uzorkovanja.





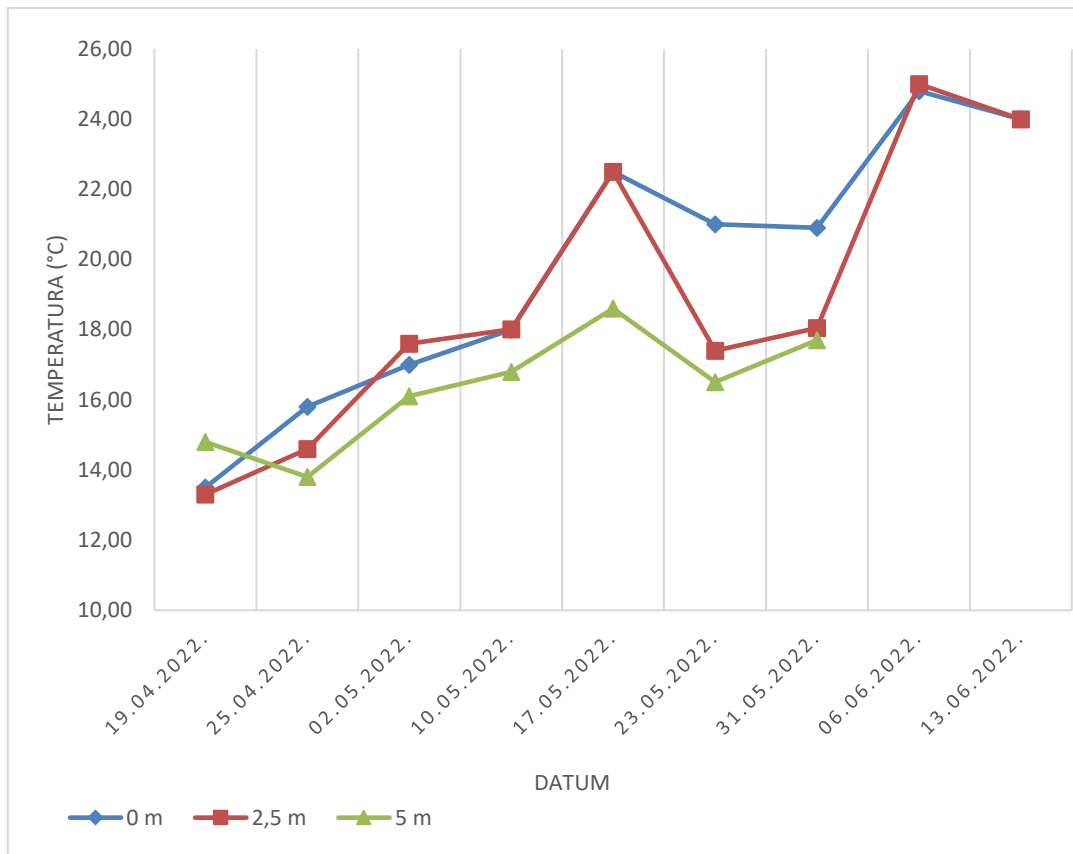
Slika 10. Distribucija mase kamenica na kolektorima četiri mjeseca nakon postavljanja u more. Kolektori su postavljeni svaki uzastopni tjedan od 19. travnja do 13. lipnja, tijekom proljetne sezone mriješćenja. Svaki graf predstavlja frekvenciju veličinskih kategorija u jednom tjednu. Za svaki tjedan su analizirana 3 kolektora, osim 9., kada su samo 2

Brojnosti prihvaćene mlađi na kolektorima u odnosu na njihovu masu je vidljiv na histogramima za svaki datum postavljanja kolektora kroz devet tjedana (Slika 10). Za razliku od distribucije podataka duljina ljuštore, u svim datumima postavljanja kolektora odnosno svakom tjednu je prisutna pozitivna iskrivljenost podataka mase uzorkovanih kamenica, i to u vrijednostima od 3,10 za prvi tjedan (19. travnja), 1,24 za drugi tjedan (25. travnja), 1,06 za treći tjedan (2. svibnja), 1,65 za četvrti tjedan (10. svibnja), 7,14 za peti tjedan (17. svibnja), 1,09 za šesti tjedan (23. svibnja), 1,45 za sedmi tjedan (31. svibnja), 1,14 za osmi tjedan (6. lipnja) i 1,41 za deveti tjedan (13. lipnja). Podatci ukazuju na veću količinu kamenica manje mase od prosjeka prisutnu na svim kolektorima, što je pogotovo slučaj u prvom, četvrtom, sedmom i naročito petom tjednu kad je najviše izražena pozitivna iskrivljenost podataka. Ovaj odnos se može prikazati i u obliku biomase školjkaša na svakom kolektoru, odnosno ukupne mase sve mlađi, pri čemu je najveća biomasa kamenica prihvaćenih na kolektorima postavljenim u petom tjednu, a zatim u četvrtom i sedmom tjednu (Slika 11).

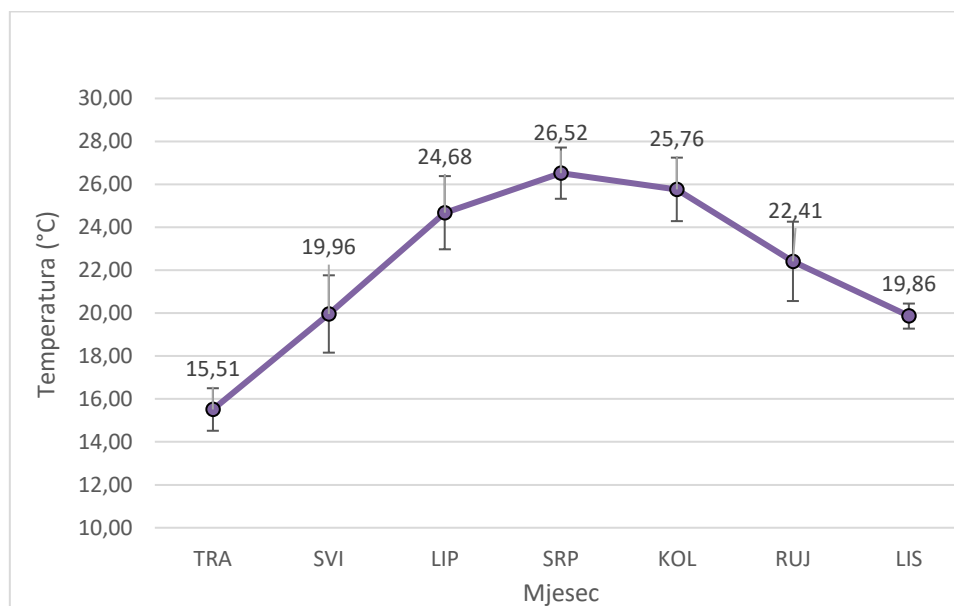


Slika 11. Biomasa mlađi kamenica na kolektorima četiri mjeseca nakon postavljanja u more. Kolektori su postavljeni svaki uzastopni tjedan tijekom proljetne sezone mriješćenja

Vrijednosti temperature u trenutku postavljanja kolektora nisu previše varirale u odnosu na dubinu, a postepeno su rasle sa svakim tjednom postavljanja, s padom uočenim 23. Svibnja (u šestom tjednu; Slika 12). Za vrijeme boravka kolektora u moru, temperatura mora na dubini od 1,5 m je rasla od travnja ( $15,5 \pm 0,99$  °C) do srpnja ( $26,52 \pm 1,19$  °C), te krenula opadati prema studenom ( $19,86 \pm 0,58$  °C; Slika 13).

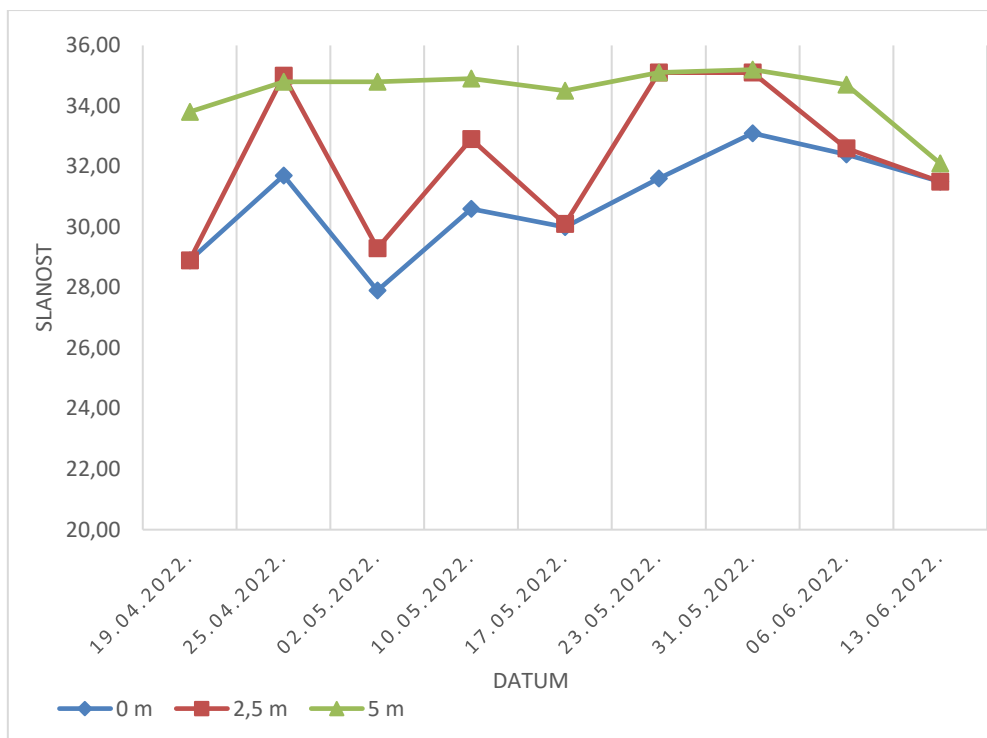


Slika 12. Temperatura mora na tri različite dubine izmjerena pri postavljanju svakog triplikata kolektora u more

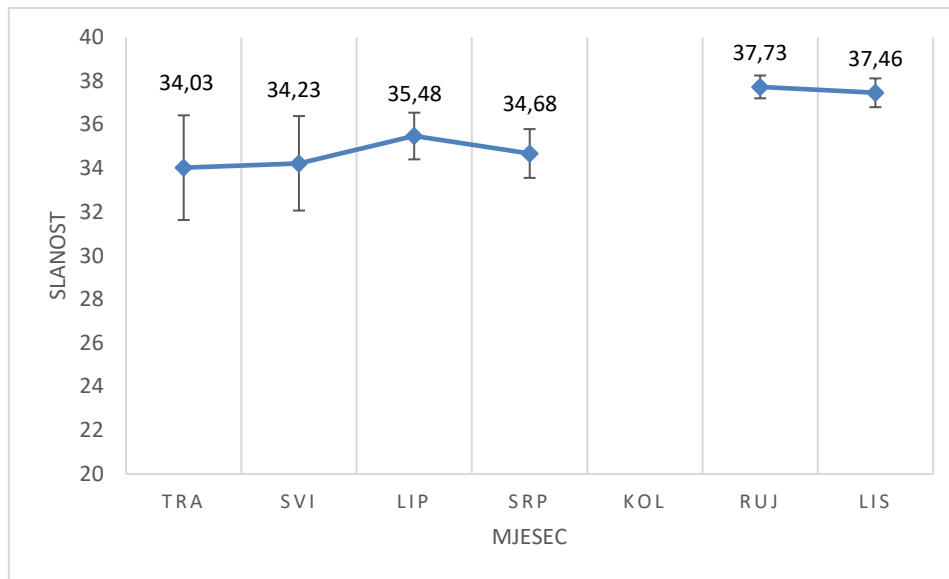


Slika 13. Prosječna temperatura mora na dubini od 1,5 m tijekom trajanja pokusa. Mjereno sondom na meteo-oceanografskoj postaji svako 10 minuta

U trenutku postavljanja kolektora u more, slanost je bila nešto niža u površinskom sloju u odnosu na 5 m dubine od 19. travnja do 23. svibnja odnosno tijekom prvih šest tjedana postavljanja kolektora, nakon čega je nešto porasla u površinskom sloju od 31. svibnja (sedmi tjedan), a 6.lipnja (osmi tjedan) je slanost na 5 m dubine opala i izjednačila se s površinskim slojem. Vrijednosti slanosti na 2,5 m dubine je varirala u svim tjednima postavljanja kolektora (Slika 14).



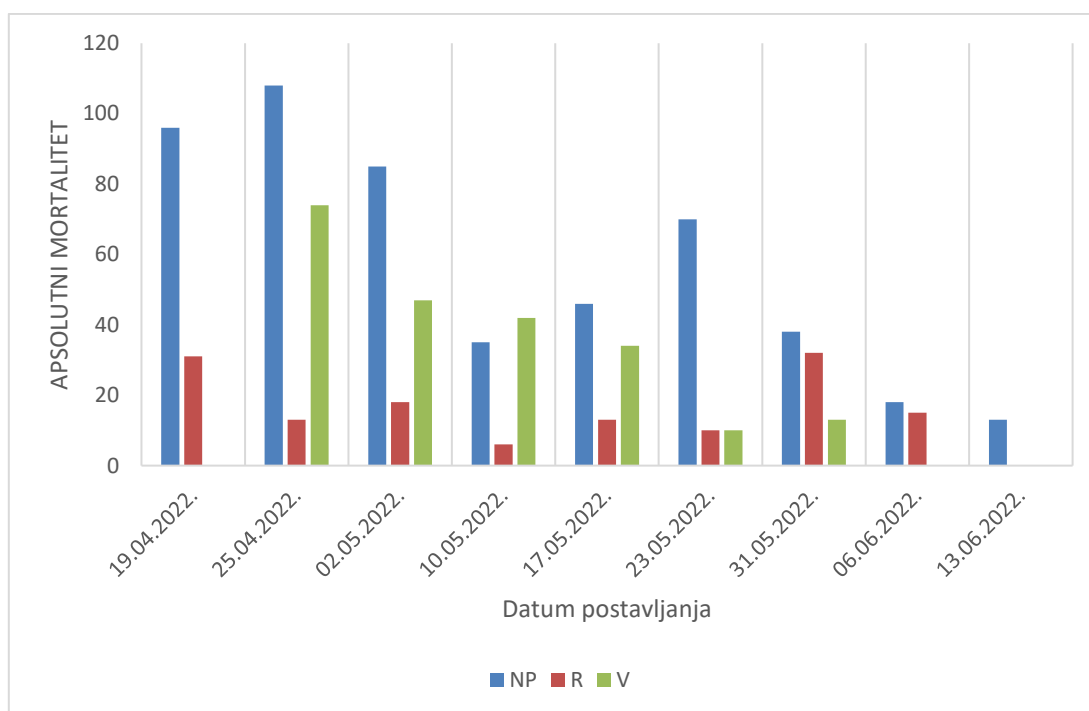
Slika 14. Slanost na tri različite dubine pri postavljanju svakog triplikata kolektora u more



Slika 15. Prosječna slanost mora na dubini od 1,5m tijekom trajanja pokusa. Mjereno sondom na meteo-oceanografskoj postaji svakih 10 minuta.

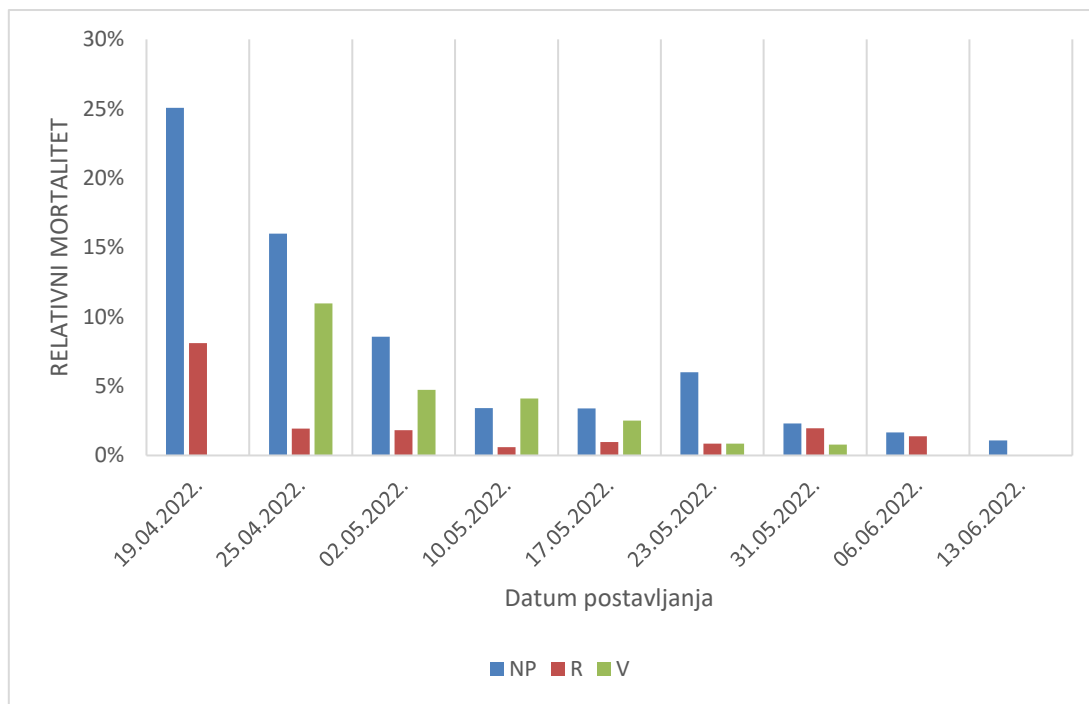
Tijekom trajanja pokusa, prosječna mjesečna slanost na dubini od 1,5 m iznosila je 34 do 35,5, s većim oscilacijama (standardna devijacija od 2,4 u travnju i 2,2 u svibnju) u travnju i svibnju. U rujnu i listopadu, iznosila je 37 do 38, bez većih oscilacija. Podatci za kolovoz nisu dostupni zbog kvara sonde (Slika 15).

Apsolutne vrijednosti prirodnog mortaliteta kamenica bio je najveći na kolektorima postavljenim 19. travnja, 25. travnja, 2. svibnja (prva tri tjedna) i 23. svibnja (šesti tjedan) (Slika 16), dok je predacija volkom bila izražena 25. travnja (u drugom tjedan) i smanjivala se prema 31. svibnja (sedmi tjedan), a 19. travnja (u prvom tjednu), 6. lipnja (osmi tjedan) i 13. lipnja (deveti tjedan) nije uopće zabilježena (Slika 16). Apsolutne vrijednosti mortaliteta uzrokovane predacijom ribe su u manjoj mjeri zabilježena na svim datumima postavljanja kolektora osim zadnjeg (devetog) (Slika 16). Također, rezultati pokazuju da veću prijetnju mlađi kamenica predstavlja kvrgavi volak (220 uginulih kamenica) nego komarča (138 uginulih kamenica) na ovom tipu kolektora. Na svim kavicama na kojima su zabilježeni mortaliteti uzrokovani kvrgavim volkom, pronađeni su i mladi primjeri volaka s uniformnom duljinom kućice koja je iznosila u prosjeku  $21,25 \pm 2,88$  mm za sve kolektore i tjedne uzorkovanja.



Slika 16. APSolutni mortaliteti na kolektorima po datumima postavljanja kolektora nakon četiri mjeseca (NP = nije uzrokovan predacijom, R = riba, V = volak)

Pri analizi relativnog mortaliteta izraženog kao postotak od svih živih i uginulih kamenica nađenih na kolektorima, vidno je izražena krivulja pada mortaliteta kamenica na kolektorima od prvog prema zadnjem tjednu postavljanja, opet s nešto većom smrtnošću koja nije uzrokovana predacijom vidljivom na kolektorima postavljenim 23. svibnja (6. tjedan) (slika 17).



Slika 17. Relativni mortaliteti na kolektorima po datumima postavljanja kolektora nakon četiri mjeseca (NP = nije uzrokovan predacijom, R = riba, V = volak)

## 5 RASPRAVA

Vrijeme i razdoblje razmnožavanja školjkaša, uključujući gametogenezu, sazrijevanje oocita, fekunditet, mriješćenje, ličinački razvoj, metamorfoza i prihvaćanje za podlogu uvjetovano je raznim abiotičkim i biotičkim čimbenicima kao što su temperatura mora, fotoperiod, slanost, dostupnost hrane (fitoplankton i zooplankton kojim se hrane odrasle, spolno zrele jedinke što uvjetuje njihovu kondiciju i sposobnost razmnožavanja) i prisutnost predatora te raznim endogenim čimbenicima (Mann, 1979; Hunter, 1980; Ruiz i sur., 1992; Cano i sur., 1997; Joyce i sur., 2013; Eagling i sur., 2017; Maneiro i sur., 2017ab). Od svih navedenih čimbenika, u ovom istraživanju su se pratile temperatura i slanost.

Temperatura mora jedan je od najvažnijih čimbenika koji utječu na gametogenezu i mriješćenje europske plosnate kamenice (Maneiro i sur., 2017ab), iako se smatra da su se populacije europske plosnate kamenice prisutne na različitim geografskim širinama prilagodile i različitim ciklusima temperature mora (Ruiz i sur., 1992; Eagling i sur., 2017). Ipak, na Sredozemlju je prihvaćeno da temperatura od oko 18 do 22 °C djeluje kao okidač za ispuštanje ličinaka iz plaštane šupljine u vodeni stupac mora (Hrs-Brenko, 1980; Shpigel, 1989; Robert i sur., 2017), što je ujedno bila prosječna temperatura (19,96 °C) tijekom svibnja za vrijeme ovog istraživanja – razdoblje kada je većina kolektora postavljena. Preciznije, kolektori postavljeni u drugoj polovici svibnja, odnosno 17. svibnja (5. tjednu) i 31. svibnja (7. tjednu) istraživanja su se podudarali s izmjerenim temperaturama od 18,6 °C i 17,7 °C na 5 m dubine. Pad temperature na dubini od 5 m zabilježen 23. svibnja (6. tjedan postavljanja kolektora) iznosila je 16,50°C i mogla bi se povezati sa značajno slabijim prihvatom ličinaka uočenim u tom tjednu. Ipak, važno je naglasiti da temperatura ne utječe samo na mriješćenje, već i na trajanje razdoblja koje ličinke kamenica provode u vodenom stupcu, odnosno na brzinu njihovog ličinačkog razvoja, pa tako i prihvata (Robert i sur., 2017) jer ličinke koje predugo ostaju u planktonu mogu nepovratno izgubiti mogućnost prihvata (Cranfield, 1973; Kasyanov, 1984). Tako će pri višim temperaturama ličinke prije doseći razvojni stadij za prihvata na podlogu. Robert i sur., (2017) uočili su da u kontroliranim uvjetima pri temperaturi od 25 °C ličinke metamorfoziraju unutar 6 do 8 dana nakon mriješćenja, dok isti process pri 15 °C traje i do 18 dana (Robert i sur., 2017). Također u laboratorijskim uvjetima, Hrs-Brenko (1989) su koristili jadranske kamenice i uočili povećani intenzitet prihvata pri temperaturama od 20 do 22 °C oko 18 do 23 dana nakon ispuštanja iz plaštane šupljine. Isti autori su uočili veliku količinu zrelih ličinaka u vodenom stupcu i početak prihvata na podlogu u prirodi pri temperature od 20°C, što odgovara i rezultatima uočenim tijekom ovog eksperimenta. Bratoš i sur. (2002) su u istraživanju



provedenom 2001. i 2002. godine u Malostonskom zaljevu utvrdili korelaciju rasta prosječne temperature s povećanim brojem ličinki kamenice u vodenom stupcu, te da je broj ličinaka dosegnuo najveće vrijednosti u srpnju kad je prosječna temperatura bila između 20-24°C.

Slanost nije imala prevelik utjecaj na razlike u prihvatu tijekom ovog istraživanja jer nisu zamijećene veće oscilacije u dubljim slojevima mora koje bi se mogle kolerirati s promjenama brojnosti mlađi.

Brojnost mlađi kamenica na kolektorima analiziranim u sklopu ovog istraživanja rasla je od prvog tjedna postavljanja kolektora, 19. travnja do 17. svibnja (peti tjedan), imala manji pad 23. svibnja (u šestom tjednu) i dosegla vrhunac 31. svibnja (u sedmom tjednu), nakon čega je uslijedilo opadnje. Ovaj trend je pratila i prosječna duljina ljuštura, odnosno masa prihvaćene mlađi, no s najvišim vrijednostima zabilježenim na kolektorima postavljenim (u četvrtom tjednu) 10. svibnja, odnosno tjedan prije kolektora s najvećom brojnosti (Slika 5, 6). Na svakom kolektoru je tijekom uzorkovanja pronađena veća količina manje mlađi što je jasno vidljivo na histogramima za masu kamenica (Slika 10; posebno izraženo 10. svibnja, 31. svibnja, i naročito 17. svibnja (u četvrtom, sedmom i petom tjednu). Ovaj podatak potvrđuje opetovano novačenje tijekom ljetnih mjeseci, što je tipično za ovu vrstu na Jadranu (Hrs-Brenko 1980; Bratoš i sur., 2002; Bolotin i sur., 2011). Za uzgajivače koji koriste proizvodnu tehnologiju kojoj pogoduju veće jedinke kamenica prikupljenih s kolektora, najbolji rezultati bi se postigli postavljanjem kolektora u četvrtom tjednu, odnosno oko 10. svibnja (četvrti tjedan istraživanja) kada je temperatura mora na dubini od 5 m bila 16,8 °C. Međutim, oni koji mogu na daljnji uzgoj staviti i jedinke manjih dimenzija, najbolje bi bilo iskoristiti povećan prihvata opažen na kolektorima postavljenim oko 31. svibnja (sedmi tjedan istraživanja) kada je temperatura mora na dubini od 5 m bila 17,7 °C, dok je možda najbolji pokazatelj učinkovitosti kolektora i koristi za komercijalni uzgoj ukupna biomasa mlađi, u kojem slučaju bi mogli preporučiti postavljanje kolektora oko 17. svibnja (peti tjedan istraživanja) kada je temperatura mora na dubini od 5 m bila 18,6 °C.

Predacija nije predstavljala značajan problem u uzgoju, ali je zanimljivo da se kvrgavi volak pokazao kao veća opasnost nego komarča (Slika 16, 17). Manja predacija komarče je vjerojatno rezultat oblika kolektora na kojima su samo kamenice koje se prihvate na vanjski

rub kapica bile izložene predaciji. S druge strane, kolektori su bili postavljeni u vodenom stupcu, bez doticaja s morskim dnom, što teško objašnjava prisutnost kvrgavih volaka. Veličina volaka je bila uniformna, i iznosila je oko  $21,25 \pm 2,88$  mm. Iako su kolektori suspendirani u vodenom stupcu, dovoljno su blizu dna da u uvjetima ekstremne oseke mogu doći u doticaj s dnom. Moguće da je razlog nepostojanja većih primjeraka kvrgavog volka na kolektorima ograničen prostor između kapica koji omogućuje smo manjim primjercima nesmetano gibanje i predaciju. Poznato je da se dio mrijesta kvrgavog volka u određenim uvjetima može izvaliti ranije tijekom embrionalnog razvoja u obliku lecitotrofne planktonske, a ne puzajuće ličinke (Güler i Lök, 2016), međutim, riječ je o iznimnim i rijetkim situacijama, a za dostizanje standardne duljinu kućice od oko 20 mm u sličnim temperaturnim uvjetima kao tijekom našeg istraživanja je potrebno oko 5 mjeseci nakon izvaljivanja (Lahbib i sur., 2010). Stoga, smatramo da njihova prisutnost vjerojatno nije rezultat kolonizacije kolektora planktonskim ličinkama i njihovog rasta do veličina koje su zabilježene u razdoblju od 4 mjeseca trajanja pokusa.

Za kraj je važno naglasiti da je zbog velikog broja čimbenika koji utječu na prihvata, opetovana novačenja i rast kamenica na kolektorima, teško sa sigurnošću utvrditi uzroke rezultata prihvata u ovom istraživanju i preporuča se dodatno praćenje obraštajne zajednice, blizine i količine spolno zrelih jedinki kamenica, brojnosti ličinaka kamenica u vodenom stupcu, dostupnosti hrane i kisika, te fluktuacija temperature i slanosti na mikrolokacijama.

## 6 ZAKLJUČCI

- S kolektora za prikupljanje mlađi kamenice je skinuto ukupno 8245 jedinki
- Statistički značajne razlike duljina analiziranih kamenica su se uočile između mlađi prikupljene s kolektora koji su postavljeni 19. travnja (prvi tjedan) i 25. travnja (drugi tjedan), nakon čega nema statistički značajnih razlika između nešto većih prosječnih duljina kamenica s kolektora postavljenih 2. svibnja (treći tjedan) i 13. lipnja (deveti tjedan)) sezone mriješćenja, a tijekom središnjih tjedana sezone mriješćenja 17. svibnja, 23. svibnja, 6. lipnja (5., 6. i 8. tjedan) nema značajnih razlika, s iznimkom 31. svibnja (sedmog tjedna) u kojem su prosječne duljine statistički slične na kolektorima postavljenim 13. lipnja (devetom tjednu).
- Slično je uočeno statističkom analizom mase mlađi kamenica s kolektora, s iznimkom devetog tjedna (13. lipnja) u kojem je prosječna masa značajno niža od mase kamenica s kolektora postavljenih od četvrtog do osmog tjedna sezone mriješćenja
- Vidljivo je da se brojnost mlađi kamenice kontinuirano mijenjala, a najveća brojnost je bila na kolektorima postavljenim 17. svibnja i 31. svibnja (u petom i sedmom tjednu), krajem svibnja, što se može povezati i s prosječnom temperaturom koja je bila u porastu (iznad 18 °C)
- Prosječna duljina te prosječna masa su približno pratile porast brojnosti ali najviše vrijednosti istih su bile u četvrtom tjednu (10. svibnja) , dok je najveća biomasa bila u petom tjednu (17. svibnja)
- Slanost nije imala prevelik utjecaj na razlike u prihvatu tijekom ovog istraživanja jer nisu zamijećene veće oscilacije u dubljim slojevima mora gdje su bili postavljeni kolektori koje bi se mogle kolerirati s promjenama brojnosti mlađi
- Predacija nije predstavljala značajan problem u uzgoju, a kvrgavi volak se pokazao kao veća opasnost od komarče
- Ovo istraživanje može poslužiti kao osnova za daljnja istraživanje i može uvelike koristiti i lokalnim uzgajivačima u planiranju pripreme i postavljanju kolektora za prikupljanje mlađi a sve u cilju unaprjeđenja uzgoja kamenice

## 7 LITERATURA

- Acarli, S., Lök, A., Kirtik, A., Acarli, D., Serdar, S., Kucukdermenci, A., Yigitkurt, S., Yildiz, H., Nur Saltan, A. 2015. Seasonal variation in reproductive activity and biochemical composition of flat oyster (*Ostrea edulis*) in the Homa Lagoon, Izmir Bay, Turkey. *Scientia Marina*, 79(4): 487–495
- Basioli, J., 1968, Uzgoj školjaka na istočnim obalama Jadrana. Pomorski zbornik (6):179-218
- Basioli, J. 1981. Uzgoj školjakaša na istočnoj obali Jadranskog mora. s posebnim osvrtom na Malostonski zaljev. U: Zbornik radova savjetovanja „Malostonski zaljev prirodna podloga i društveno valoriziranje“ (Roglić, J., Meštrov, M., ured.). JAZU, Znanstveni savjet za zaštitu prirode, Dubrovnik, str. 268-281
- Benović, A., Onofri, V., 1981. Mrežni zooplankton Malostonskog zaljeva i Malog mora. U: Zbornik radova "Savjetovanja Malostonski zaljev prirodna podloga i društveno valoriziranje", (Roglić, J., Meštrov, M. ured.), 120-132. Zagreb, JAZU
- Bratoš Cetinić, A., Bolotin, J. 2016. Uzgoj školjakaša u Malostonskom zaljevu. U: More - hrvatsko blago (Radić, Z., ured.). Word Press, str. 888- 899
- Bratoš Cetinić A., Bolotin J., Peharda M., Njire J. 2002. Seasonal Distribution Of The Oyster *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) Larvae In The Bay Of Mali Ston, Adriatic Sea . *Journal of Shellfish Research*, 21 (2): 763–767
- Bolotin J. 2022. Školjakaši Malostonskog zaljeva s posebnim osvrtom na dragulj bentoske faune malostonsku kamenicu. U: Malostonski zaljev – Kraljevstvo kamenice (Kunica, V., Ipšić, I. ured.). Monografija, 137-182
- Bolotin, J. Glavić, N. Gavrilović, A. Jug-Dujaković, J.; Antolović, N. Kožul, V. 2011. Raspodjela ličinki kamenice *Ostrea edulis* u Malostonskom zaljevu tijekom sezone mrješćenja 2008/09. godine. Zbornik radova (Pospišil, M., ured.), str. 787 – 790
- Cano, J., Rosique J., Rocamora, J. 1997. Influence of environmental parameters on reproduction of the european flat oyster (*Ostrea edulis* L.) in a coastal lagoon (Mar menor, Southeastern Spain). *J. Moll Stud.*, 63 :187-196
- Cook, A.K. 1975. Shellfish factory of the future. *NOAA Magazine*, 5(2): 1-4
- Cranfield, H.J. 1973. A study of Morphology, Ultrastructure, and histocemistry of the pediveliger of *Ostrea edulis*. *Mar Biol.*, 22: 187-202

- Eagling, L., Ashton, E., Jensen, A., Sigwart, J., Murray, D., Roberts, D. 2017. Spatial and temporal differences in gonad development, sex ratios and reproductive output influence the sustainability of exploited populations of the European oyster, *Ostrea edulis*. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 1- 12.
- Erdmann, W. 1935. Untersuchung über die Lebensgeschichte der Auster. *Wiss. Meeruntersuch. Komm. Wiss. Untersuch. Dtsch. Meere in Kiel und der Biol. Anstalt Helgoland*, 19(16): 1-25
- Gavrilović, A., Petrinc Z. 2003. Proizvodnja i tehnologija uzgoja kamenice *O. edulis* u Malostonskom zaljevu - perspektive razvoja. *Veterinarska stanica*, 34: 5-11
- Glamuzina, B. 2006. Proizvodnja mlađi malostonske kamenice. U: Izvještaj VIP projekta Ministarstva poljoprivrede i šumarstva, IOR, Split, str. 1-27
- Güler, M., Lök, A. (2016). Foraging Behaviors of *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae) Juveniles. *Journal of Shellfish Research*, 35(4) : 911–919.
- Harper, E.M. 1991. Post-larval cementation in the Ostreidae and its implications for other cementing bivalvia. *J. Moll.Stud*, 58: 37-47.
- Hrs-Brenko, M. 1980. The settlement of mussels and oysters in the norther Adriatic Sea. *Nova Thalassia*, 4: 67-85
- Hrs-Brenko, M., 1989. Collection of oyster and mussel seed on the Yugoslav Adriatic coast. U: *Aquaculture – a biotechnology in progress* (De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkins, N., ured.). European Aquaculture Society, Bredene, Belgija, str. 327-334
- Hrs-Benko, M. 1990. Sakupljanje mlađi ekonomski važnih školjkaša u Jadranu. *Pomorski zbornik*, 28(1): 643-653
- Hunter, J.R. 1980. The feeding behavior and ecology of marine fish larvae. U: *Fish behavior and its use in the capture and culture of fishes* (Bardach, J.E., Magnuson, J.J., May, R.C., Reinhart, J.M., ured.). ICLARM Conference Proceedings 5, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipini, str. 287-330
- Joyce, A. , Duner Holthuis, T., Charrier, G., Lindegarh, S., 2013. Experimental effects of temperature and photoperiod on synchrony of gametogenesis and sex ratio in the european oyster *ostrea edulis*. *Journal of Shellfish Research*, 32(2): 447-458
- JU DNŽ, 2022. Plan upravljanja zaštićenim područjem i područjem ekološke mreže (6146): Malostonski zaljev, Verzija br. 2, str. 103
- Kasyanov, V. L. 1984. Planktotrophic larvae of bivalve mollusks: morphology, physiology and behavior. *Biol.Morya*, 10(3): 117-128

- Korringa, P. 1940. Experiments and observations on swarming, setting and pelagic life in the oyster *Ostrea edulis*. Arc. Neerl. Zool., 5: 1-249
- Lahbib, Y., Abidli, S., Trigui El Menif, N. 2010. Laboratory Study of the Intracapsular Development and Juvenile Growth of the Banded Murex, *Hexaplex trunculus*. Journal of the world aquaculture society, 41(1)
- Manahan, D. T. 1983. The uptake and metabolism of dissolved amino acids by bivalve larvae. Biol. Bull., 164: 236-250.
- Maneiro, V., Silva, A., Pazos, A.J., Sanchez, J.L., Perez-Poralle, M.L. 2017a. Effects of temperature and photoperiod on the conditioning of the flat oyster (*Ostrea edulis* L.) in autumn. Aquaculture Research, 48(8): 4554-4562
- Maneiro, V., Perez-Poralle, M.L., Silva, A., Sanchez, J.L., Pazos, A.J. 2017b. Conditioning of the European flat oyster (*Ostrea edulis*, Linnaeus 1758): effect of food ration. Aquaculture Research, 48(8): 4363-4370
- Mann, R. 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. U: Journal of the Marine Biological Association of the UK, 59: 95-110.
- Marguš, D., 1998. Školjkaši ušća rijeke Krke. Šibenik: Javna ustanova " Nacionalni park Krka"
- Marteil, L. 1976. La conchyliculture française, 2<sup>o</sup> Partie, Biologie de l'huitre et de la moule. Rev. Trav. Inst. Peches Marit., 15(2): 153-346
- Martin, A. G., Littaye-Mariette A., Langlade A. i Allenou J.P. 1995. Cycle de reproduction naturelle de l'huitre plate *Ostrea edulis*. Groupe de Travail sur la Reproduction des Mollusques Bivalves d'Aquaculture Marine, str. 21-33
- Meštrov, M., Požar-Domac, A., 1981. Bitna svojstva ekosistema Malostonskog zaljeva i zaštita. U: Zbornik radova Savjetovanja "Malostonski zaljev prirodna podloga i društveno valoriziranje", (Roglić, J., Meštrov, M. ured.), str. 370-376. Zagreb: JAZU
- Milišić, N., 1991. Školjke i puževi Jadrana. Split: Logos
- Moor, B. 1983. Organogenesis. U: The Mollusca, Vol 3, Development (Verdonk N.H., Van den Biggelaar J.A.M., Tompa A.S., ured.). Academic Press, New York, str. 123-177
- Nerlović, V. 2005. Utjecaj prehrane fitoplanktonom na razvoj ličinke kamenice *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) u laboratorijskim uvjetima uzgoja, Magistarski rad. str.18

- Onofri, V., 2003. Utjecaj ekoloških čimbenika na rast i raspodjelu ličinki kamenica u Malostonskom zaljevu. Doktorska disertacija. Prirodoslovno- matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Pećarević, M., Bonačić, K., Bratoš Cetinić, A., Mikuš, J., Brailo Šćepanović, M., Dobrosravić, T., Grđan, S. 2020. Studija procjene stanja marikulture u Malostonskom zaljevu. Stručna ekspertiza, str. 141
- Poppe, G.T., Goto, Y. 1993. European Seashells. Volume II. (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda). Verlag Christa Hemmen, str. 221
- Quayle, D.B., 1969. Pacific oyster culture in British Columbia. U: Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Ontario. Stevenson, J.C. ur. 169, 1-48
- Rao, K.V., Nayar, K.N. 1956. Rate of growth in spat and yearlings of the Indian backwater oyster *Ostrea madrasensis* Preston. Indian Journal of Fisheries, 3(2): 231-260
- Raven C. P., 1964. Development. U: Physiology of Mollusca, Vol I, Chapter 5 (Wilbur K.M., Yonge C.M., ured.), Academic Press, New York i London 165-195
- Robert, R., Vignier, J. , Petton, B.2017. Influence of feeding regime and temperature on development and settlement of oyster *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) larvae 48(9): 4756-4773
- Ruiz, C, Martinez, D., Mosquera, G., Abad, M., Sanchez, J.L. 1992. Seasonal variations in condition, reproductive activity and biochemical composition of the flat oyster, *Ostrea edulis*, from San Cebrian (Galicia, Spain). Marine Biology, 112: 167-74
- Shpigel, M. 1989. Gametogenesis of the European flat oyster (*Ostrea edulis*) and Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in warm water in Israel. Aquaculture 80 (3-4): 343-349
- Strathmann, M.F. 1987. Phylum Mollusca, Class Bivalvia. Reproduction and development of marine invertebrates of the northern Pacific coast, University of Washington Press, Seattle and London, str. 309-353
- Šimunović, A., 1981. Biološko-ekološka istraživanja jestivih školjkaša u Malostonskom zaljevu. U: Zbornik radova Savjetovanja "Malostonski zaljev prirodna podloga i društveno valoriziranje" (Roglić. J., Meštrov. M., ured.). Zagreb, JAZU, str. 252-267
- Šimunović, A. 2004. Malostonski zaljev - biser Jadrana. Naše more, 51(1-2): 12-16
- Tomšić, S., Lovrić, J. 2004. Povijesni pregled uzgoja kamenica u Malostonskom zaljevu. Naše more, 51(1-2): 17-23

- Viličić, D., 1981. Fitoplankton Malostonskog zaljeva i Malog mora. U: Zbornik radova Savjetovanja "Malostonski zaljev prirodna podloga i društveno valoriziranje", (Roglić. J., Meštrov. M., ured.). Zgreb, JAZU. 77-89
- Viličić, D. 2017. Zaštita uzgajališta kamenica od antropogenog utjecaja u Malostonskom zaljevu. Hrvatske vode, 25: 59-64
- Yonge, C.M., 1960. Oysters. London, Collins, str. 209
- Walne, P.R., 1975. Culture of bivalve molluscs: 50 years experience of Conway. Fishing News (Book) Ltd, Surrey, England, str. 173



## IZJAVA

S punom odgovornošću izjavljujem da sam završni rad izradila samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka uz stručno vodstvo mentora doc. dr. sc. Kruna Bonačića i komentora izv. prof. dr. sc. Ane Bratoš Cetinić.

Mirjana Karabatić

---