

Sveučilište u Splitu i Sveučilište u Dubrovniku

Međusveučilišni poslijediplomski doktorski studij “Primijenjene znanosti o moru”

Ivan Župan

„INTEGRALNI UZGOJ DAGNJE (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819) I  
KUNJKE (*ARCA NOAE* LINNAEUS, 1758) NA UZGAJALIŠTIMA RIBA“

Doktorska disertacija

Split, 2012

## ZAHVALA

Istraživanje je provedeno na uzgajalištu tvrtki Convento albamaris i Adria-Octopus na otoku Pašmanu, te ovim putem zahvaljujem vlasnicima gospodinu Jošku Zagorcu i Ivanu Birkiću na pružanju mogućnosti za postavljanje eksperimenta i uzorkovanje školjkaša. Također, zahvaljujem svim kolegama s Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu koji su sudjelovali u postavljanju pokusa i obradi uzoraka. Posebno zahvaljujem dragoj kolegici Dariji Ezgeti-Balić na pomoći pri terenskom i laboratorijskom radu kao i pri prikupljanju literature, dr. sc. Lavu Bavčeviću na pomoći prilikom izrade eksperimentalnog dizajna istraživanja, Tomislavu Šariću, dr. vet. med., na pomoći pri statističkoj obradi podataka i prof. dr. sc. Jozi Rogošiću na potpori prilikom izrade disertacije.

Posebnu zahvalnost želio bih iskazati mentorici prof. dr. sc. Meliti Pehardi Uljević na pruženoj pomoći i savjetovanju prilikom izrade istraživanja i kroz cijelo trajanje doktorskog studija, kao i općenito na velikoj potpori za ulazak u znanstvenu zajednicu.

Također, ogromnu zahvalnost dugujem cijeloj obitelji na pruženoj podršci prilikom studiranja. Najveće hvala supruzi Katarini na bezuvjetnoj potpori i ohrabrenju tijekom istraživanja i izrade doktorske disertacije.

Vaša podrška bila je ključna za uspješnu izradu ove doktorske disertacije.

## SADRŽAJ:

ZAHVALA.....	II
SADRŽAJ: .....	III
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....	VI
BASIC DOCUMENTATION CARD.....	VI
1. UVOD .....	1
1.1. Svrha i cilj rada.....	4
2. DOSADAŠNJE SPOZNAJE.....	5
2.1. Integralna akvakultura .....	5
2.1.1. Definicija i značenje pojma integralna akvakultura .....	5
2.1.2. Pregled povijesti integralne akvakulture .....	7
2.1.3. Biotehnološke značajke integralne akvakulture .....	11
2.1.4. Mogućnosti razvoja integralne akvakulture na Mediteranu i Jadranu.....	14
2.2. Dagnja ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> ).....	16
2.2.1. Pregled porodice Mytilidae.....	16
2.2.2. Biološke i ekološke značajke vrste <i>Mytilus galloprovincialis</i> .....	17
2.2.3. Uzgojne značajke vrste <i>Mytilus galloprovincialis</i> .....	19
2.3. Kunjka <i>Arca noae</i> .....	22
2.3.1. Dosadašnja istraživanja porodice Arcidae.....	22
2.3.2. Biološke i ekološke značajke vrste <i>Arca noae</i> .....	24
3. MATERIJAL I METODE.....	26
3.1. Područje istraživanja.....	26
3.2. Tehnologija uzgoja ribe .....	30
3.3. Dizajn eksperimenta .....	30
3.3.1. Abiotski parametri .....	35
3.3.2. Biotski parametri .....	36

3.4. Istraživanje dagnje ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> ) .....	37
3.4.1. Analiza preživljavanja i prirasta .....	37
3.4.2. Analiza indeksa kondicije .....	39
3.5. Istraživanje kunjke ( <i>Arca noae</i> ) .....	41
3.5.1. Analiza preživljavanja i prirasta .....	41
3.5.2. Analiza indeksa kondicije .....	43
3.5.3. Analiza omjera spolova .....	44
3.5.4. Analiza sastava stabilnih izotopa ugljika i dušika .....	44
3.6. Statistička obrada podataka .....	46
4. REZULTATI .....	47
4.1. Fizikalno kemijski parametri .....	47
4.1.1. Temperatura .....	47
4.1.2. Salinitet .....	51
4.1.3. Zasićenost kisikom .....	54
4.2. Primarna proizvodnja (klorofil a) .....	54
4.3. Dagnja ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> ) .....	56
4.3.1. Preživljavanje i prirast .....	56
4.3.2. Indeks kondicije .....	62
4.4. Kunjka ( <i>Arca noae</i> ) .....	67
4.4.1. Preživljavanje i prirast .....	67
4.4.2. Indeks kondicije .....	70
4.4.3. Analiza omjera spolova .....	74
4.4.4. Analiza stabilnih izotopa .....	77
4.4.4.1. Sastav stabilnih izotopa dušika .....	77
4.4.4.2. Sastav stabilnih izotopa ugljika .....	80
5. RASPRAVA .....	85
6. ZAKLJUČCI .....	104

7. LITERATURA.....	106
ŽIVOTOPIS .....	119

## „INTEGRALNI UZGOJ DAGNJE (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819) I KUNJKE (*ARCA NOAE* LINNAEUS, 1758) NA UZGAJALIŠTIMA RIBA“

Ivan Župan

Rad je izrađen u: Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split

### Sažetak

Integralna akvakultura razvila se kao jedna od mogućnosti za smanjenje negativnih posljedica intenzivne akvakulture te povećanje učinkovitosti proizvodnje kroz bolje iskorištavanje nutrijenata, diverzifikaciju proizvodnje i racionalnije korištenje obalnog prostora. U ovoj disertaciji predstavljeni su rezultati istraživanja mogućnosti uzgoja dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) i kunjke (*Arca noae*) u uvjetima integralnog uzgoja s lubinom (*Dicentrarchus labrax*) i komarčom (*Sparus aurata*) provedenog na tri lokacije u periodu od rujna 2005. do ožujka 2010. godine. Istraživano je preživljavanje jedinki, dinamika rasta, indeks kondicije i, u slučaju kunjke, omjer spolova te način ishrane primjenom analize stabilnih izotopa ugljika ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ ) i dušika ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ ). Mortalitet dagnji tijekom perioda od 12 mjeseci iznosio je ~12%. Zabilježena je statistički značajna razlika u prirastu markiranih dagnji i indeksu kondicije s obzirom na udaljenost uzoraka školjkaša od uzgajališta riba i s obzirom na period godine. Na svim postajama uzorkovanja najbrži rast je zabilježen u periodu od ožujka do svibnja, a najsporiji od srpnja do rujna. Eksperiment proveden na kunjki pokazao je izuzetno visoki mortalitet ove vrste (~80%). Nadalje, za razliku od dagnje zabilježen je i izuzetno spori rast kunjke pri uvjetima integralne akvakulture. Razlike u sastavu izotopa  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  i  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  utvrđene su s obzirom na vrstu tkiva kunjke i period uzorkovanja, dok nisu utvrđene razlike između postaja uzorkovanja. Rezultati istraživanja upućuju da se integralnom akvakulturom kod uzgoja dagnje mogu postići jednaki proizvodni rezultati kao i u tradicionalnim uzgojnim područjima, te da kunjka nije pogodna vrsta za klasičnu metodu linijskog uzgoja školjkaša. Buduća istraživanja trebala bi se usmjeriti na mogućnost uvođenja drugih gospodarski značajnih vrsta školjkaša u integralnu akvakulturu te pronalaženja novih tehnika uzgoja koje bi povećale učinkovitost.

(120 stranica, 56 slika, 22 tablica, 153 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Sveučilišnoj knjižnici u Splitu, Sveučilišnoj knjižnici u Zadru

Ključne riječi: dagnja, indeks kondicije, integralna akvakultura, kunjka, Pašmanski kanal, prirast, stabilni izotopi

Mentor: Prof. dr. sc. Melita Peharda Uljević, viša znanstvena suradnica

Ocjenjivači: 1. Prof.dr.sc. Leon Grubišić, znanstveni savjetnik  
2. Doc.dr.sc. Matej Dolenc, docent  
3. Prof. dr. sc. Melita Peharda Uljević, viša znanstvena suradnica

Rad prihvaćen: 14.06.2012

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Split and University of Dubrovnik

Ph.D. thesis

### INTEGRATED AQUACULTURE OF MEDITERRANEAN MUSSEL (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819) AND NOAH'S ARK SHELL (*ARCA NOAE* LINNAEUS, 1758) ON FISH FARMS

Ivan Župan

Thesis performed at: Institute of Oceanography and Fisheries, Split

#### Abstract

Integrated aquaculture has developed as a possible solution to mitigate negative impact of intensive aquaculture and increase productivity of aquaculture through more effective use of nutrients, diversification of production and rationale use of coastal area. This thesis contains data on possibilities for aquaculture of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and Noah's ark shell (*Arca noae*) in integrated aquaculture with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*) conducted at three sites in a period from September 2005 to March 2010. Survival, growth, condition indices and, in case of *A. noae*, sex ratio and feeding preferences by stable carbon ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ ) isotope analyses were investigated. Mortality of *M. galloprovincialis* during 12 month study period was ~12%. Statistically significant differences in growth and condition index of mussels were recorded with respect to site and sampling period. At all sampling sites, fastest growth of mussels was noticed between March and May, while the slowest was between July and September. Results of experiment conducted on *A. noae* showed extremely high mortalities (~80%). Furthermore, unlike for *M. galloprovincialis*, slow growth rate of this species was noticed under integrated aquaculture conditions. Differences in  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  and  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  values were determined according to type of tissue and sampling period while there were no differences with respect to sampling site. Research results indicate that *M. galloprovincialis* has the same production period under integrated aquaculture as in traditional shellfish production areas, while *A. noae* is not suitable as candidate species for aquaculture by using the traditional method on the rope lines. Future research should focus on introduction of new commercially valuable species under integrated aquaculture as well on finding new methods to increase its effectiveness.

(120 pages, 56 figures, 22 tables, 153 references, original in: Croatian)

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

Keywords: condition index, growth, integrated aquaculture, mussel, Noah's ark shell, Pašman channel, stable isotopes

Supervisor: Melita Peharda Uljević Ph.D., higher scientific associate

Reviewers: 1. Leon Grubišić Ph.D., scientific advisor  
2. Matej Dolenc, assistant professor  
3. Melita Peharda Uljević Ph.D., higher scientific associate

Thesis accepted: 14<sup>th</sup> June 2012

## 1. UVOD

Potrošnja akvatičnih organizama u kontinuiranom je porastu, te je od 60-tih godina prošlog stoljeća zahvaljujući povećanju ljudske populacije i potrošnje po glavi stanovnika čak utrostručena (FAO, 2010). Komercijalni ribolov dosegao je svoje gornje granice, pokazujući vrlo spori rast u istom periodu i otvarajući mjesto za nagli rast akvakulture diljem svijeta. U ukupnom prometu akvatičnim proizvodima u 2008. godini u iznosu od 142 miliona tona, udio akvakulture iznosio je čak 46%. Akvakultura predstavlja jednu od najbrže rastućih industrijskih grana na svijetu s prosječnim godišnjim rastom od iznad 8,3% u posljednja tri desetljeća (FAO, 2010). Predviđanja su da će se ovakav trend nastaviti i u budućnosti te da će ključnu ulogu u zadovoljenju povećane potražnje za akvatičnim organizmima imati akvakultura (Naylor i sur. 2000; FAO, 2010).

Povećana opskrba tržišta akvatičnim proizvodima postići će se proširenjem postojećih i otvaranjem novih područja za akvakulturu (na kopnu i na otvorenom moru) kao i povećanjem intenziteta proizvodnje, odnosno povećanjem prihoda po jedinici površine. Ipak, iako se akvakultura nameće kao glavno rješenje u zadovoljenju rastućih potreba za akvatičnim proizvodima, njezin nekontrolirani razvoj može predstavljati dvosjekli mač u održivosti svjetskog ribolova i općeg stanja u morima i oceanima. Ovo se posebno odnosi na neke oblike akvakulture, poput uzgoja kozica, lososa i tuna, čiji intenzivni uzgoj stvara snažan ribolovni pritisak na pojedine prirodne stokove te ima potencijal degradacije obalnog prostora i prirodnih akvatičnih staništa, prijenosa egzotičnih vrsta i patogena, deponiranja velikih količina organskog otpada itd. (Troell & Norberg, 1998; Naylor i sur. 2000; Cheshuk i sur. 2003). Smanjenje negativnog utjecaja akvakulture po okoliš, uz daljnji porast proizvodnje, navodi se kao jedan od glavnih ciljeva u bliskoj budućnosti ove industrije (vidi: Troell i sur. 2003; Neori i sur. 2004).

Posljednjih godina razvijen je niz tehnoloških inovacija kako bi se smanjio negativni utjecaj akvakulture na okoliš i kako bi se pokušala postići dugoročna održivost ove djelatnosti. Tako su razvijene preciznije formulacije hrane, poboljšana probavljivost hrane, tehnike hranjenja i kontrola unosa hrane, odmor lokacija, smanjena gustoća nasada, liječenje bolesti i slično (Cheshuk i sur. 2003; Neori i sur. 2004). Kao jedna od tehnika smanjenja negativnog utjecaja na okoliš, ali i povećanja produktivnosti proizvođača, nameće se i mogućnost mijenjanja dosadašnje prakse uzgoja u monokulturi u praksu integralnog uzgoja organizama koji se hrane na različitim trofičkim razinama (Chopin i sur. 2001; Troell i sur. 2003; Neori i sur. 2004; FAO 2009; Troell i



sur. 2009; Chávez-Crooker & Obreque-Contreras 2010). Ovakav vid proizvodnje, čiji počeci zapravo sežu u daleku prošlost, tek je nedavno prepoznat kao mogući model za značajno smanjenje emisije nutrijenata, diversifikaciju proizvodnje i povećanje socijalne prihvatljivosti akvakulture u javnosti. Integralna akvakultura izdvaja se od svih ostalih pristupa zbrinjavanja viška nutrijenata u uzgoju, koji uglavnom podrazumijevaju trošak po uzgajivača, svojim potencijalom za povećanjem prihoda farme putem proizvodnje dodatnih proizvoda (Troell i sur. 2009). Kako je dostupnost slatkovodnih područja za potrebe akvakulture sve ograničenija, predviđa se da će se daljnji rast akvakulture odvijati uglavnom u morima i oceanima. Prema Neori i sur. (2004), trenutna praksa uzgoja riba u plitkim i zatvorenim uvalama i zaljevima te uzgoja kozica u lagunama i kopnenim bazenima još je uvijek profitabilna, ponajviše i iz razloga što pojačana nutrifikacija okoliša ne izaziva gotovo nikakve dodatne troškove uzgajivačima. Odnosno, u troškove proizvodnje još u odgovarajućoj mjeri nisu uključeni troškovi zbrinjavanja zagađenih voda. Ipak u novije vrijeme u razvijenijim područjima, poput Norveške i Kanade, sve više dolazi kraj ovakvoj praksi te primjena principa "zagađivač plaća" ("polluter pays") dobiva sve veći značaj.

Danas postoji jasan konsenzus znanstvene zajednice, javnosti, legislativnih tijela ali i samih proizvođača, kako tehnologije uzgoja koje ne pridaju veliku važnost utjecaju na okoliš u kojem se odvijaju jednostavno više nisu održive, te zahtijevaju zaokret prema novim pravcima proizvodnje koji će biti prihvatljiviji po okoliš i u skladu s principima održivog razvoja (Naylor i sur. 2000; Chopin i sur. 2001; Neori i sur. 2004). Pojačani pritisak raznih aktivnosti na obalno područje diljem svijeta, zajedno s ubrzanim razvojem akvakulture, dovodi do potrebe razvoja bolje održivih tehnologija proizvodnje te se integracija različitih skupina organizama u istom uzgojnom području nameće kao prirodno rješenje. Ipak, brža implementacija integralne akvakulture u morskom okolišu ograničena je slabo poznatim mogućnostima njene praktične primjene kao i činjenicom da potencijal nije potpuno znanstveno istražen u pravcu postizanja održivosti proizvodnje i utjecaja na okoliš (FAO, 2009).

Prema FAO (2010), jedna od važnijih stavki u budućem razvoju akvakulture bit će i uvođenje novih vrsta i poboljšanih sojeva postojećih vrsta u proizvodnju. Prema Naylor i sur. (2000), prednost za uvođenje u komercijalnu proizvodnju u budućnosti trebaju imati vrste koje bolje iskorištavaju primarnu produkciju, poput algi, školjkaša, puževa i ostalih mekušaca, ali i herbivornih vrsta riba. Na taj način omogućit će se daljnji razvoj akvakulture, uz smanjenje pritiska na riblje stokove za potrebe proizvodnje ribljeg brašna i ulja.

Trenutna proizvodnja u morskoj akvakulturi na Mediteranu sastoji se uglavnom od nekoliko vrsta, od kojih dominiraju lubin (*Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)), komarča (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758), cipal (*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758), tuna (*Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758)), mediteranska dagnja (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819), japanska kamenica (*Crasostrea gigas* (Thunberg, 1793)) i europska kamenica (*Ostrea edulis* Linnaeus, 1758). Tržišta ovih vrsta, osim donekle za europsku kamenicu i tunu, ograničena su na područje Mediterana i prodaju u svježem stanju te su već poprilično zasićena sa slabim mogućnostima daljnjeg razvoja (Barazi-Yeroulanos, 2010).

U Hrvatskoj marikulturi diversifikacija proizvodnje u sličnoj je situaciji kao i na Mediteranu, ali uz puno nižu razinu proizvodnje. U proizvodnji dominiraju tri vrste riba (lubin, komarča i tuna) i dvije vrste školjkaša (dagnja i kamenica). Ukupna godišnja proizvodnja sastoji se od oko 5,000 tona lubina i komarče, 4,000 tona tune, 3,000 tona dagnje i oko milijun komada kamenice (Ministarstvo poljoprivrede, 2012). Strategijom razvoja Hrvatskog ribarstva iz 2001. godine bilo je predviđeno povećanje proizvodnje u marikulturi na oko 10.000 tona bijele ribe i 20.000 tona školjkaša godišnje do 2010. godine. Međutim, navedeno povećanje nije ostvareno, a nisu provedeni ni osnovni higijensko-zdravstveni uvjeti potrebni za ukidanje zabrane izvoza svježih školjkaša. Za pretpostaviti je da će se do stjecanja punopravnog članstva Hrvatske u EU u 2013. godini riješiti navedena pitanja i otvoriti novo veliko tržište za proizvode iz hrvatske marikulture, ali s trenutnim kapacitetom proizvodnje, konkurentnost se na zahtjevnom europskom tržištu teško može ostvariti. Otvaranje novih tržišta moglo bi donijeti i povećani pritisak na prirodne populacije riba i školjkaša, od kojih su neke, poput kunjke (*Arca noae* Linnaeus, 1758), već duže vrijeme izložene neodrživom gospodarenju i pretjeranoj eksploataciji (Peharda i sur. 2009).

Kako bi se odgovorilo na sva pitanja i probleme u hrvatskoj akvakulturi, potrebno je provesti veći broj znanstvenih istraživanja koja bi imala mogućnost praktične primjene, odnosno razviti jaču povezanost između znanosti i gospodarstva. Istraživanja bi morala ispitati potencijal za uvođenje novih vrsta riba i školjkaša u hrvatsku akvakulturu, uvođenje novih tehnologija u proizvodnju, smanjenje negativnog utjecaja na okoliš i općenito racionalnije korištenje obalnog prostora i postojećih lokacija za uzgoj. Hrvatska bi trebala iskoristiti velike mogućnosti za razvoj uzgoja školjkaša, posebice već postojećeg uzgoja kamenice i dagnje, kao i vrsta čiju mogućnost uzgoja tek treba ispitati, poput kunjke, prnjavice (*Venus verrucosa* Linnaeus, 1758), ili jakovove kapice (*Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758)).

## 1.1. Svrha i cilj rada

Svrha je ovog rada prikupljanje spoznaja o mogućnostima integracije uzgoja školjkaša i ribe na postojećim uzgajalištima riba u Jadranu. Cilj je provođenje pilot projekta integralnog uzgoja kroz koji se nastojalo istražiti potencijal dviju vrsta školjkaša za komercijalni uzgoj. Osnovna hipoteza istraživanja zasnovana je na pretpostavci da nusprodukti uzgoja ribe mogu služiti kao dodatni izvor hrane filtracijskim organizmima čime mogu utjecati na njihov ubrzani rast i razvoj. Istraživano je može li se uzgojem školjkaša u blizini uzgajališta riba postići proizvodni ciklus jednak onome u tradicionalnim uzgojnim područjima te može li se primjenom ovakvog oblika integralnog uzgoja dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) i ribe povećati kapacitet produkcije ovog školjkaša u Hrvatskoj i šire, na relativno jednostavan način, uz potencijalno zbrinjavanje viška organske tvari kao nusprodukta uzgoja i uz racionalnije korištenje visokovrijednog obalnog prostora. Također je cilj ovog rada bio istražiti potencijal kunjke (*Arca noae*) za uvođenje u akvakulturu te utvrditi utječe li blizina uzgajališta riba na rast, indeks kondicije i ishranu ovog gospodarski zanimljivog školjkaša.

## **2. DOSADAŠNJE SPOZNAJE**

### **2.1. Integralna akvakultura**

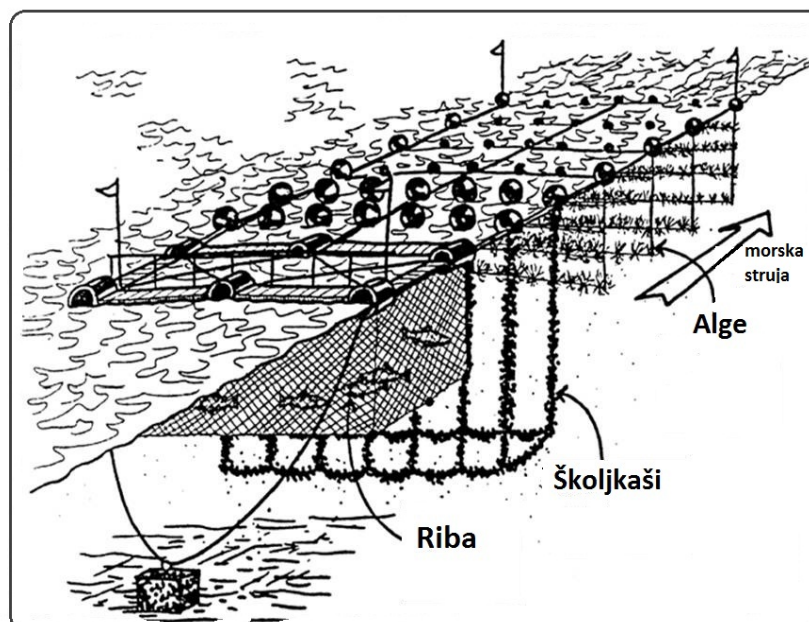
#### **2.1.1. Definicija i značenje pojma integralna akvakultura**

Moderna akvakultura, poglavito intenzivni uzgoj riba i rakova, bazira se na unosu dodatnih izvora hrane u okoliš i može za posljedicu imati negativno biogeokemijsko djelovanje na vodeni stupac, sediment i bentoske zajednice (Troell & Norberg 1998; Stamou i sur. 2009). Višak nutrijenata prisutan u blizini uzgojnog područja potječe od ostataka nepojedene riblje hrane, fecesa i metaboličkih nusprodukata te može dovesti do lokalne hipernutritifikacije i pojačanog razvoja fitoplanktona u okolnim vodama (Cheshuk i sur. 2003; Sarà i sur. 2004). Ovi učinci osim same degradacije okoliša imaju za posljedicu i negativno djelovanje na organizme u uzgoju, smanjujući ili otežavajući proizvodnju. Prema FAO (2004), jedan od glavnih ciljeva industrije akvakulture u bliskoj budućnosti minimalizacija je negativnih utjecaja na okoliš s ciljem postizanja dugoročne održivosti. Industrija akvakulture razvijenijih zemalja, poglavito kod uzgoja salmonida, razvila je niz tehnoloških inovacija kako bi se smanjio negativni utjecaj na okoliš. Uz preciznije formulacije hrane, poboljšanu kontrolu unosa i probavljivost hrane, odmor lokacija, gustoću nasada itd., kao tehnika smanjenja negativnog utjecaja na okoliš, ali i povećanja produktivnosti proizvođača, u novije vrijeme nameće se i mogućnost integralnog uzgoja organizama uzgajanih pomoću dodatnih izvora hrane (npr. ribe, rakovi) i onih koji se hrane filtracijom morske vode (npr. školjkaši) ili ekstrakcijom anorganskih čestica (poput akvatičnog bilja) (Cheshuk i sur. 2003; Troell i sur. 2003; Chopin & Bastarache 2004; Neori i sur. 2001; 2004; Whitmarsh i sur. 2006; FAO, 2009; Troell i sur. 2009; Nobre i sur. 2010).

Integralna akvakultura može se definirati kao oblik akvakulture kod kojeg se nepojedena riblja hrana i metabolički nusproizvodi uzgoja riba, koji bi inače bili izgubljeni u okolišu i predstavljali opterećenje po isti, iskorištavaju kao izvor hrane u drugom podsistemu, dovodeći do povećane produktivnosti ukupnog sistema koji je pod potpunom kontrolom uzgajivača (Neori i sur. 2004; FAO, 2009; Troell i sur. 2009; Chávez-Crooker & Obreque-Contreras 2010). Može se reći da se integralna akvakultura provodi kada količina ispuštenih nutrijenata jedne skupine otprilike zadovoljava hranidbene potrebe druge, odnosno kada su različite skupine organizama i izmjena nutrijenata među njima u proporcionalnom odnosu. Integriranim uzgojem različitih

skupina organizama višak nutrijenata umjesto gubitka u okolišu postaje izvor hrane organizmima koji se hrane filtracijom i asimilacijom, te postoji mogućnost njihova bržeg rasta nego u okolnim vodama. Dakle, integralna akvakultura ima potencijal povećanja produktivnosti i efektivnosti proizvodnje, ali i smanjenja negativnog utjecaja po okoliš (Stirling & Okomus 1995; Chopin i sur. 2001; Mazzola & Sarà 2001; Cheshuk i sur. 2003; Troell i sur. 2003; Chopin & Robinson 2006; Lander i sur. 2004; Neori i sur. 2004; FAO, 2009; Sarà i sur. 2009; Troell i sur. 2009). Posljednjih godina princip integralne akvakulture smatra se velikim potencijalom za smanjenje posljedica intenzivne akvakulture i postaje predmetom sve većeg broja biotehnoških, socioloških i ekonomskih istraživanja (White & Glenn 2005). Shematski prikaz modela integralne akvakulture na otvorenom moru prikazan je na slici 2.1.

U prethodnom desetljeću pojam "integralna multitrofička akvakultura" (IMTA – Integrated Multi-trophic Aquaculture) postaje globalno prepoznatljiv i jasno se distancira od pojma "polikultura" (Chopin & Robinson 2004; FAO, 2009). Dok se polikulturom može smatrati i klasični uzgoj dvije ili više vrsta riba koje spadaju u istu trofičku kategoriju, integralna multitrofička akvakultura podrazumijeva uzgoj akvatičnih organizama na različitim trofičkim nivoima u istome vodenom mediju (FAO, 2009). Upravo se stoga pojmu "Integralna akvakultura" sve češće dodaje i pridjev "multi-trofička", čime se želi dodatno naglasiti optimalna upotreba različitih trofičkih i hranidbenih nivoa u uzgoju (Chopin & Robinson 2004).



**Slika 2.1.** Shematski prikaz principa integralne multi-trofičke akvakulture (IMTA) na otvorenom moru (Izvor: FAO, 2009)

### 2.1.2. Pregled povijesti integralne akvakulture

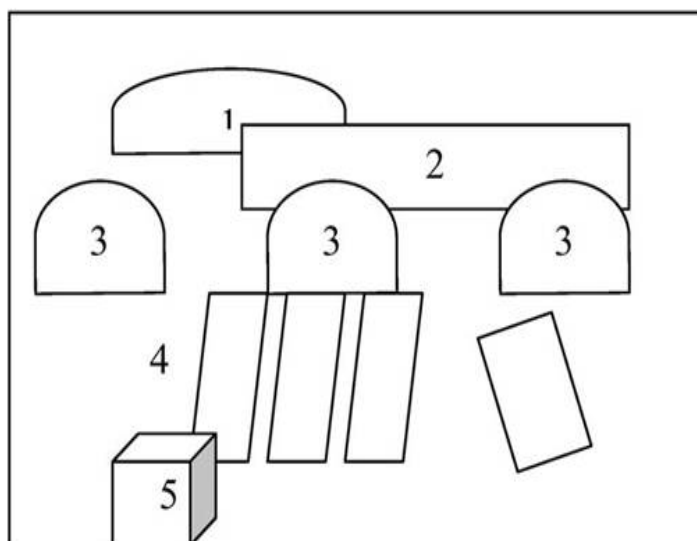
Tradicionalni oblici integralne akvakulture provode se već dugi niz godina u Kini, Japanu i Južnoj Koreji i ostalim zemljama koje graniče s Tihim i Indijskim oceanom, gdje su farme s kaveznim uzgojem riba, školjkaša i morskih algi smještene jedne pored drugih u dubokim zaljevima i lagunama. Kroz periode pokušaja i pogrešaka na ovim područjima postignut je određeni optimum integracije, ali točni podatci o tehnologiji uzgoja rijetko su objavljivani. Razlog je tome što uzgajivači najčešće nisu bili ni svjesni da ovakav način uzgoja predstavlja ekstenzivnu integralnu multi-trofičku akvakulturu iz koje će se razviti moderna intenzivna integrirana akvakultura u kojoj svi uzgajani organizmi imaju određenu međusobnu korist. Počeci moderne integralne akvakulture tako sežu desetljećima pa čak i stoljećima unazad, a započeli su u slatkovodnoj akvakulturi (Neori i sur. 2004). Vjerojatno najstariji oblik integralne akvakulture predstavlja kombinirani uzgoj riža – riba, koji se u Kini provodi već stoljećima. Ovaj tradicionalni oblik akvakulture predstavlja određenu simbiozu poljodjelstva i akvakulture, a zadnjih godina se širi i na ostale dijelove Azije (FAO, 2009). Polja riže u ovima kombiniranim sistemima predstavljaju utočište i prirodno stanište autohtonim vrstama riba i ostalim akvatičnim organizmima pružajući im stalan izvor hrane, zaštitu i mrijestilište, dok ribe i ostali organizmi pomažu u izmjeni nutrijenata i obogaćivanju vode kisikom. Na ovaj način smanjuje se upotreba kemijskih sredstava za zaštitu od štetnika što se povoljno odražava na očuvanje biološke raznolikosti. Kombinirani uzgoj riže i ribe osigurava stabilne prinose riže uz ostvarenje dodatnog prihoda kroz iskorištavanje akvatičnih organizama (Halwart & Gupta 2004).

U Europi se već desetljećima na slatkovodnim ribnjacima prakticira ekstenzivni ili polu intenzivni uzgoj herbivornih i karnivornih vrsta riba i vodenih rakova zajedno s peradi – najčešće patkama i guskama. U ovakvom obliku integralne akvakulture koji zapravo imitira prirodni ekosistem, perad se hrani sitnom ribom i algama a pritom svojim izmetom vrši prirodnu gnojidbu dušikom koja promiče daljnji rast algi i vodenog bilja. Herbivorne vrste riba i rakovi hrane se vodenim biljem, dok se predatorne vrste riba hrane njima. Na kraju, uzgajivač ima višestruku ekonomsku korist iskorištavajući i ribe i perad (Neori i sur. 2004).

Moderna integralna akvakultura razvija se tek krajem 20. stoljeća u zapadnim zemljama. Prva istraživanja s ciljem integralnog pristupa pri smanjenju štetnog utjecaja otpadnih nutrijenata intenzivne marikulture javljaju se 1970-tih godina, nakon čega dolazi do perioda stagnacije. Tek u ranim 90-tim godinama prošlog stoljeća javlja se pojačani interes za formiranjem načina uzgoja gdje se ekstraktivni organizmi poput morskih algi, školjkaša ili puževa upotrebljavaju kao

"čistači" u akvakulturi (Chopin & Robinson 2004; Neori i sur. 2004). Ovaj interes osnovan je na spoznaji da jedno od rješenja za ublažavanje utjecaja nutrifikacije, umjesto razgradnje i zbrinjavanja koji donose dodatni trošak, može biti konverzija otpadnih nutrijenata u ekonomski iskoristive proizvode primjenom integralnog pristupa (Chopin & Robinson 2004).

Ubrzani razvoj integralnog pristupa započet je početkom ovog stoljeća kad su asimilacijski kapaciteti različitih ekosistema za uzgoj monokultura poput riba ili rakova postali redovito prezasićeni i onemogućavali daljnje povećanje proizvodnje ili čak negativno djelovanje na uzgajane organizme u vidu bolesti, smanjenog prirasta, povećane konverzije i sl. (Neori i sur. 2004). Tek se tada zapravo počelo shvaćati kako je recikliranje otpadnih nusprodukata uzgoja pomoću algi, školjkaša i drugih ekstraktivnih organizama način na koji se može postići održivost i poboljšati ekonomičnost akvakulture u svijetu. Kroz desetljeće usavršavanja, od sistema "sve u jednom bazenu" i uzgoja u svrhu znanstvenih istraživanja, danas su razrađene tehnologije uzgoja koje omogućuju značajno povećanje proizvodnje. Moderna integralna akvakultura zasad svoju primjenu nalazi uglavnom u kopnenim uzgajalištima riba i rakova. Tako već postoje komercijalne farme koje uzgajaju ribe ili rakove zajedno s makroalgama i školjkašima ili morskim puževima (Slika 2.2.). Pritom se vode obogaćene nusproduktima uzgoja i fitoplanktonom koriste za hranidbu školjkaša ili za uzgoj algi koje djeluju kao biofilteri koji pretvaraju otpadne nusprodukte uzgoja riba u vlastitu biomasu, dok se one same upotrebljavaju za prodaju ili kao izvor hrane za uzgoj puževa, morskih ježinaca i sličnih organizama. Integralni uzgoj riba ili rakova zajedno s morskim algama zabilježen je u Čileu, Kini, Izraelu, Južnoj Koreji, Filipinima, Španjolskoj, Švedskoj, Kanadi i SAD-u (Neori i sur. 2004). Prema FAO (2009) integralna akvakultura razvijena do predkomercijalnog ili komercijalnog stadija zabilježena je u Kanadi, Čileu, Irskoj, Južnoj Africi, Velikoj Britaniji i SAD-u, dok su u Norveškoj, Španjolskoj, Portugalu, Francuskoj i Italiji zabilježena znanstvena istraživanja na eksperimentalnoj razini. U Kanadi već postoji nekoliko privatnih tvrtki koje se bave integralnom proizvodnjom lososa (*Salmo salar* Linnaeus, 1758), dagnje (*Mytilus edulis* Linnaeus, 1758) i algi (*Saccharina latissima* (Linnaeus) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl & G.W. Saunders, 2006) (Slika 2.3. i 2.4.). Spoznaje o mogućnostima razvoja integralne akvakulture na Mediteranu dosad su ograničene na manja znanstvena istraživanja uglavnom lokalnog značenja (Neori i sur. 2000; FAO, 2009; Chopin i sur. 2010) (Slika 2.5.).



**Slika 2.2.** Primjer kopnenog sustava integralne akvakulture u Izraelu (Neori i sur. 2004)

1 – voda

2 – uzgoj puževa (*Haliotis discus hannai* Ino, 1953)

3 – uzgoj ribe, (*Sparus aurata*)

4 – uzgoj algi, (*Ulva* Linnaeus, 1753; *Gracilaria* Greville, 1830)

5 – jedinica za skupljanje algi





**Slika 2.3.** Primjer moderne integralne akvakulture na otvorenom moru – uzgoj lososa (*Salmo salar*) u kavezima i dagnji (*Mytilus edulis*) na splavi; Canada, Bay of Fundy (Izvor: Chopin & Robinson 2004)



**Slika 2.4.** Prikupljanje morske alge (*Saccharina latissima*) proizvedene u blizini kaveza lososa (*Salmo salar*) (Izvor: Chopin & Robinson 2004)



**Slika 2.5.** Primjer integralne akvakulture lubina (*Dicentrarchus labrax*) i dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) na Mediteranu (Sardinija) (Izvor: FAO, 2009)

### 2.1.3. Biotehnološke značajke integralne akvakulture

Ovisno o načinu ishrane uzgajanih organizama možemo razlikovati dva tipa integralne akvakulture. Prvi čine organizmi koji se uzgajaju pomoću dodatnih izvora poput formulirane hrane, divlje ribe i sl., i u ovoj skupini dominiraju ribe i rakovi. Drugu čine takozvani ekstraktivni organizmi, koji svoje izvore hrane nalaze u okolišu poput školjkaša i morskih algi. Školjkaši imaju sposobnost rasta pomoću ugradnje otopljenih organskih čestica kao što su nepojedeni ostaci riblje hrane, fitoplanktoni i bakterije koje filtriraju iz vode (Cranford & Grant 1990; Langdon & Newell 1990; Noren i sur. 1999; Ogilvie i sur. 2000; Petersen i sur. 2008). Alge upotrebljavaju sunčevu svjetlost kako bi povećale svoju biomasu, asimilirajući pritom razgrađene anorganske čestice iz vode. Ove skupine organizama uz pravilnu biotehnologiju mogu nusprodukte uzgoja pretvoriti u ekonomski iskoristivu biomasu, a vodene medije zasićene otpadnim nutrijentima u čiste vode (Neori i sur. 2000; 2004; FAO, 2009). Svaki pokušaj bio-filtracije odnosno nastojanja smanjenja negativnog utjecaja po okoliš predstavlja kompleksan i

opsežan proces koji svakako donosi povećane troškove po uzgajivače odnosno industriju, s posljedičnim smanjenjem profita. Prema Neori i sur. (2004), kako bi ekološki prihvatljiva akvakultura mogla biti konkurentna, potrebno je povećati joj prihode, na način da se poveća produktivnost po jedinici unesene hrane. Ovakvim pristupom nusprodukti uzgoja umjesto opterećenja po okoliš (troška za zbrinjavanje po principu "zagađivač plaća") postaju direktan izvor hrane školjkašima, puževima, morskim algama i drugim organizmima koji se hrane filtracijom, čineći integralnu akvakulturu ne samo ekološki prihvatljivom već i ekonomski isplativom i dugoročno održivom (Chopin i sur. 2001; Chopin & Robinson 2006; Chopin i sur. 2010).

Pravilnom integracijom monokultura u novi, trofički integrirani sustav uzgoja, metabolički nusprodukti koji u sebi sadrže energiju postaju direktan izvor hrane te se pretvaraju u novi komercijalno vrijedni proizvod (Chopin i sur. 2004). Prema Chopin i sur. (2010) na ovaj način može se ukloniti veliki udio organskog i anorganskog dušika, ugljika i fosfora te bi uzgajivači koji primjenjuju princip integralne akvakulture trebali imati pravo na određene povlastice poput kreditiranja zbrinjavanja ispuštenih nutrijenata. Odnosno, prema istim autorima, proizvođači bi u budućnosti trebali cijenu koncesije nad uzgojnim područjem plaćati prema količini nutrijenata ispuštenih u okoliš. Ovim bi principom integralne farme imale veliku prednost pred onima s monokulturom jer bi zbog zbrinjavanja dobrog dijela unesenog viška organske tvari plaćale i manju cijenu koncesije. Ipak, prema Chopin i sur. (2010) implementacija ovakvog sustava potpore u akvakulturi vrlo je složena i njenoj mogućoj primjeni na terenu prethodi velik broj različitih studija. Kohabitacija više različitih skupina organizama koji se hrane na različitim trofičkim nivoima i uzgajaju različitim tehnologijama, zahtijeva značajne kompromise u upravljanju integralnom farmom. Neori i sur. (2004) navode kako takvi kompromisi mogu ponekad dovesti do smanjenja proizvodnih rezultata u uzgoju pojedine vrste u odnosu na uzgoj iste vrste u monokulturi, ali da integracija monokultura u istome vodenom mediju, ukoliko je pravilno provedena, može dovesti do intenzifikacije uzgoja uz poboljšane sveukupne ekonomske učinke i dugoročnu održivost sa smanjenim negativnim utjecajem po okoliš.

U usporedbi s kopnenim integralnim sistemima koji su se pokazali uspješnima u ekološkom i ekonomskom smislu, isti integralni pristup puno je teže ostvariv u kaveznom obliku akvakulture na otvorenom moru. Iskorištavanje nutrijenata na otvorenom moru u odnosu na kopnene sisteme otežano je zbog trodimenzionalnosti otvorenih voda te zahtijeva pravilno razrađenu tehnologiju koja uzima u obzir veliki broj parametara koji su često specifični za

određenu lokaciju (Chopin i sur. 2001). Glavni razlog ovome je što su otopljeni nutrijenti i organske čestice vrlo raspršeni u velikom volumenu vode i samim time teže podložni kontroli (Taylor i sur. 1992; Troell & Norberg 1998; Neori i sur. 2000; Cheshuk i sur. 2003). Također, povećana koncentracija potencijalno iskoristivih hranjivih tvari javlja se nakon hranjenja u kratkim periodima kada školjkaši (ili drugi organizmi) zbog ograničenosti probavnog sustava nisu u mogućnosti probaviti veće količine prisutnih hranjivih tvari već se iste izlučuju u obliku pseudofecesa (Troell & Norberg 1998). Rezultati dobiveni u različitim studijama pokazuju kako prilikom postavljanja integralne farme treba svakako uzeti u obzir lokalne okolišne čimbenike prema kojima treba prilagoditi uzgojnu tehnologiju, kako bi ista na što bolji način iskorištavala različite trofičke razine akvatorija. Pritom su najvažniji faktori udaljenost ekstraktivnih organizama od kaveza s ribom, dubina na kojoj su smješteni te izloženost morskim strujama. Različiti su rezultati dobiveni u pogledu uzgoja riba i školjkaša u integralnoj akvakulturi. Dok neke studije pokazuju vrlo male ili nikakve razlike u prirastu školjkaša uzgajanih u blizini kaveza sa ribom i navode na slab potencijal za razvoj integralne akvakulture (Taylor i sur. 1992; Stirling & Okomus 1995; Cheshuk i sur. 2003; Navarrete-Mier i sur. 2010), postoje i studije čiji rezultati pokazuju dobar potencijal za razvoj. Tako neke studije dokazuju efektivno iskorištavanje otopljenih čestica – nusprodukata uzgoja od strane školjkaša (Lefebre i sur. 2000; Mazzola & Sarà 2001; Redmond i sur. 2010; Reid i sur. 2010; MacDonald i sur. 2011), ubrzani rast i dobar indeks kondicije školjkaša u blizini uzgajališta riba (Jones & Iwama 1991; Mazzola i sur. 1999; Lander i sur. 2004; Sarà i sur. 2009) te na ekonomsku korist, dobar potencijal za razvoj i socijalnu prihvatljivost integrirane akvakulture (Neori i sur. 2000; Whitmarsh i sur. 2006; Ridler i sur. 2007; Barington i sur. 2010).

I dok u kopnenim sistemima integralna akvakultura doživljava sve veću komercijalnu važnost, u otvorenim morima zasad nije u potpunosti zaživjela. Ipak, unatoč brojnim poteškoćama, zasigurno i u otvorenim akvakulturnim sustavima postoje potencijali za integracijom različitih skupina organizama, samo što zahtijevaju drugačiji pristup odnosno tehnologiju. Iako postoje različiti rezultati studija o utjecaju kaveznog uzgoja na proizvodnju školjkaša, može se zaključiti kako uzgoj filtracijskih organizama u blizini kaveza s ribom ima potencijal smanjenja količine otopljene organske tvari, te otopljenog dušika i fosfora čime se smanjuju i mogućnosti različitih toksičnih cvatnji algi (Troell & Norberg 1998). U korist razvoju integralne akvakulture ide i to da se u blizini uzgajališta razvijaju velike prirodne populacije školjkaša, morskih puževa, zvjezdača, ježinaca, morskih krastavaca i drugih potencijalno iskoristivih organizama koji imaju veliki potencijal za uvođenje u akvakulturu (Frankić, 2003;

Chopin i sur. 2010). Također, integralnim se uzgojem zapravo racionalizira i maksimalno iskorištava visoko vrijedni obalni prostor, povećava produktivnost po jedinici površine ili hrane i smanjuje negativni utjecaj uzgoja na okoliš. Diversifikacijom proizvodnje ostvaruje se veća sigurnost proizvođača na tržištu zbog smanjenja rizika od većih ekonomskih gubitaka (npr. zbog pojave bolesti ili pada cijena proizvoda) (Whitmarsh i sur. 2006; Ridler i sur. 2007). Iz svih ovih činjenica iščitavaju se razvojni potencijali integralne akvakulture i u otvorenim vodama, kao i potreba da se u budućnosti sve više istraživanja posveti upravo njenom razvoju. Prema Neori i sur. (2004) ono što usporava brži razvoj ovakvog pristupa u svijetu nije uzrokovano komercijalnim rizikom ili tehnološkim odnosno znanstvenim neznanjem, već čistim otporom proizvođača prema promjeni uhodane i još uvijek unosne tehnologije, kao i vrlo sporom implementacijom pravila "zagađivač plaća" ("polluter pays") u akvakulturi. Programi i istraživanja koja se trenutno provode zasigurno će dati potrebne odgovore o prednostima i nedostacima ovakvog načina uzgoja.

#### **2.1.4. Mogućnosti razvoja integralne akvakulture na Mediteranu i Jadranu**

Cijeli Mediteran, osim u ponekim dijelovima poput sjevernog Jadrana, smatra se oligotrofnim područjem s relativno niskom primarnom proizvodnjom i količinom raspoloživih nutrijenata koja je često nedostatna za uzgoj filtracijskih organizama ili algi (Sarà i sur. 1999; FAO, 2009). Upravo ovo može se smatrati glavnim razlogom zašto razvoj integralne akvakulture na cijelom području Mediterana zaostaje u odnosu na neka druga područja diljem svijeta. Također, integracija različitih skupina organizama u istom uzgojnom području još je i relativno nepoznata većini proizvođača na Mediteranu koji do danas nisu u potpunosti prepoznali potencijal u iskorištavanju viška nutrijenata u područjima gdje su prirodno relativno rijetki. Uz to, informacije o ovakvom pristupu akvakulturi još su slabo raširene u javnosti i znanosti. Prema FAO (2009) posebnu pažnju treba obratiti osnovnoj primarnoj proizvodnji u različitim područjima mediteranske regije kako bi se bolje shvatili potencijali za širenje integralnog pristupa akvakulturi. Pritom je glavno i neodgovoreno pitanje može li i u kojoj mjeri integralna akvakultura povećati produktivnost određenih područja bez povećanja negativnih učinaka povezanih s dosadašnjom praksom monokulture. Važna pitanja su i na koji način se integralna akvakultura može usporedno razvijati s ostalim aktivnostima u obalnom prostoru poput uzgoja

monokultura, industrije, turizma, ribarstva, zaštite okoliša i sl. te na koji se način može uklopiti u regionalne prioritete kao i koje su tehnološke, investicijske i legislativne prednosti i nedostaci.

Trenutna iskustva o integralnoj akvakulturi na Mediteranu stečena su samo na manjim eksperimentalnim istraživanjima i projektima, ali daju dobar uvid u mogućnosti ovog vida proizvodnje i mogućim interakcijama s okolišem. Mazzola i sur. (1999) opisali su iskustva integralnog uzgoja gofa (*Seriola dumerili* (Risso, 1810)) i pica (*Diplodus puntazzo* (Walbaum, 1792)) s kamenicom (*Crassostrea gigas*) i dagnjom (*Mytilus galloprovincialis*) u južnom Tirenskom moru. Istraživanje je ukazalo na značajan potencijal za uvođenje istraživanih vrsta u proizvodnju u izrazito oligotrofnom području, dotad nekorištenom za akvakulturu. Mazzola i Sarà (2001) su pomoću metode stabilnih izotopa istraživali dostupnost organskih nusprodukata uzgoja kao izvora hrane dostupne školjkašima. Njihovo istraživanje je ukazalo da integralni uzgoj školjkaša i ribe može imati barem dva značajna učinka: smanjenje utjecaja uzgoja na okoliš kroz iskorištavanje viška organske tvari i povećanje profitabilnosti proizvodnjom dodatne biomase akvatičnih organizama u istom proizvodnom području. Sarà i sur. (2009) istraživali su rast dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) u blizini uzgajališta riba u Tirenskom moru te su zaključili kako školjkaši reciklirajući alohtonu organsku tvar mogu doprinijeti smanjenu zagađenja okoliša i povećanju profitabilnosti uzgoja. Sarà i sur. (2011), koristeći se metodom dinamičkog modeliranja energijom (DEB – Dynamic Energy Budget), usporedili su rast kamenice (*Crassostrea gigas*) i dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) u blizini uzgajališta riba u odnosu na rast na otvorenom moru. Rezultati su pokazali kako su obje vrste imale znatno bržu stopu rasta u blizini uzgajališta u periodu od četiri godine.

## 2.2. Dagnja (*Mytilus galloprovincialis*)

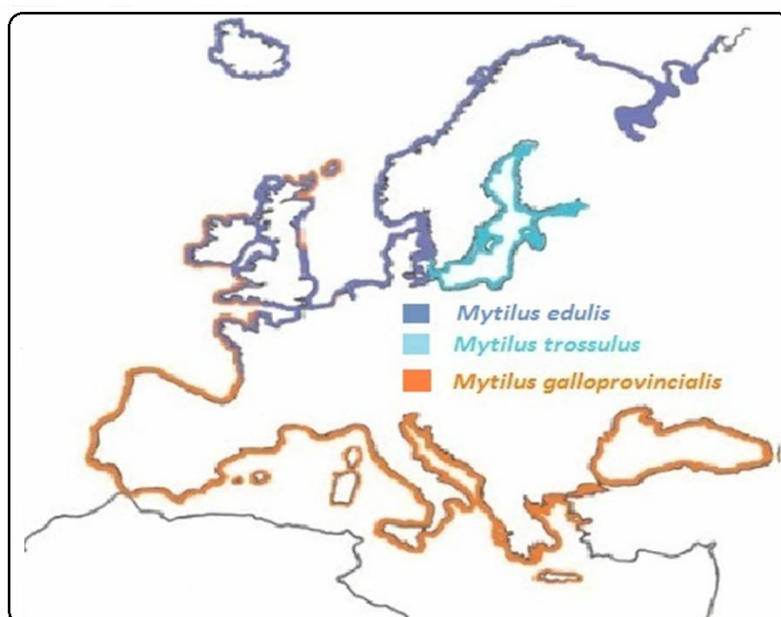
### 2.2.1. Pregled porodice Mytilidae

Školjkaši iz roda *Mytilus* prisutni su u svim svjetskim oceanima i morima (McDonald i sur. 1991; Braby & Somero 2006). Široka rasprostranjenost i jak utjecaj okolišnih čimbenika na oblik ljušture doprinose otežanoj taksonomskoj klasifikaciji vrsta iz ovog roda (Gosling & McGrath 1990; Coustau i sur. 1991). Najznačajnija porodica roda *Mytilus* je porodica *Mytilidae*, koja uključuje pet vrsta:

- *Mytilus zonarius* Lamarck, 1819
- *Mytilus chilensis* (Hupé, 1854)
- *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758
- *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819
- *Mytilus trossulus* Gould, 1850

U Europi se kao ekonomski najvažnije izdvajaju dvije vrste: *Mytilus edulis* (plava dagnja) i *Mytilus galloprovincialis* (mediteranska dagnja). Vrsta *M. edulis* raširena je od Baltičkog mora, Sjevernog mora i Atlanskog oceana na sjeveru, pa sve do obala Portugala na jugu (Dardignac-Corbel, 1990). Vrsta *M. galloprovincialis* rasprostranjena je po obalama čitavog Mediterana, a može ju se pronaći i na obalama Atlanskog oceana, sjeverno od zapadnog kraja La Manchea, ali i na području Centralne i Južne Kalifornije gdje je djelomično istisnula autohtonu vrstu *M. trossulus* (Braby & Somero, 2006) (Slika 2.6.). U Jadranskom moru dominantna je i autohtona vrsta *M. galloprovincialis*, zastupljena i u komercijalnom uzgoju, a prema nedavnom istraživanju Skaramuca i sur. (2007) upotrebom PCR metode nisu pronađene vrste *M. edulis* i *M. trossulus*. Postoje dvojbe oko precizne taksonomije vrsta roda *Mytilus* zbog preklapanja distribucija populacija koje su morfološki i genetički vrlo slične te se međusobno razmnožavaju i proizvode fertilne hibride (Gosling & McGrath 1990; Coustau i sur. 1991; Wonham, 2004). Identifikacija ovih vrsta (kao i bilo kojeg hibrida) bazirana samo na morfološkim značajkama je nedovoljno precizna zbog izraženih promjena oblika ljušture uslijed okolišnog utjecaja (Dardignac – Corbel, 1990; Beaumont i sur. 2006). Iako su od 1995. godine dostupne DNA analize kojima se može s velikom sigurnošću dijagnosticirati razlika između ovih vrsta, do sad nisu provedene značajnije studije s ciljem determinacije strukture populacija vrsta *M. edulis* i *M. galloprovincialis* i njihovih hibrida (Beaumont i sur. 2006). Pojava hibrida zabilježena je u svim područjima

susretanja ili preklapanja populacija ovih vrsta i može zauzimati vrlo široka područja veća od stotine kilometara (Gosling & McGrath 1990; McDonald i sur. 1991; Wonham, 2004; Beaumont i sur. 2006). Za razliku od ostalih vrsta ove porodice, jedino vrsta *M. galloprovincialis* ima određene invazivne značajke i najveću sposobnost uspješnog naseljavanja novih područja (Wonham, 2004; Braby & Somero 2006). Ipak, Beaumont i sur. (2006), uz potvrđenu prisutnost vrste *M. galloprovincialis* na obalama Atlantskog oceana, navode kako postoje i dokazi o prisutnosti vrste *M. edulis* u uzgoju na francuskoj obali Mediterana.



**Slika 2.6.** Rasprostranjenost vrsta iz roda *Mytilus* na području Europe  
(Izvor: Beaumont i sur. 2006)

### 2.2.2. Biološke i ekološke značajke vrste *Mytilus galloprovincialis*

Dagnja (*Mytilus galloprovincialis*) je, uz kamenicu (*Ostrea edulis*), komercijalno najvažnija vrsta školjkaša na Jadranu s godišnjom proizvodnjom od oko 3,000 tona (Mišura i sur. 2008). Prirodne populacije žive u obalnoj zoni na kamenitoj podlozi, ali i na različitim podlogama uključujući plutače, usidrene brodove, sidra, konope, kaveze na uzgajalištima i slično gdje se pričvršćuju bisusnim nitima i formiraju guste kolonije. Najgušća naselja dagnji na



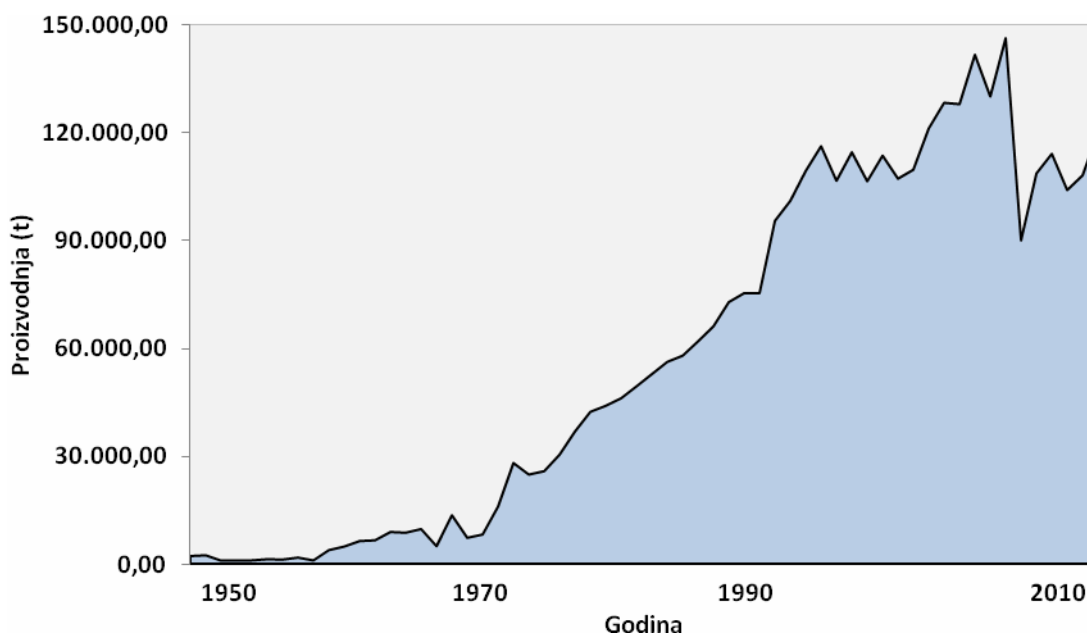
Jadranu nalazimo u Novigradskom i Karinskom moru, Šibenskom zaljevu i kanalu, Limskom kanalu te Malostonskom i Pulskom zaljevu (Dujmušić, 2000). Dagnja, kao i ostale vrste iz roda *Mytilus*, najgušće naseljava zonu plime i oseke. Ovakva ograničena rasprostranjenost uvjetovana je ponajprije biološkim čimbenicima predacije i kompeticije, a ne nemogućnošću preživljavanja u uvjetima koji vladaju u dubljim slojevima infralitoralne zone pa se tako stabilne populacije dagnje mogu naći i na dubinama od preko 20 m (Gosling, 1992). Dagnje su odvojenih spolova, s nešto većim udjelom mužjaka naspram ženki (54:46%) i s vrlo malenim udjelom hermafrodita (0,1%) (Gosling, 1992). Determinacija spolno zrelih jedinki može se izvršiti s obzirom na boju gonada, ali ipak nije potpuno siguran kriterij – spolno zreli mužjaci obično su mliječno bijele ili krem boje, dok su ženske najčešće narančasto crvenkaste boje (Dardignac-Corbel, 1990). Odlikuju se vrlo ranom spolnom zrelošću i visokom plodnošću – zabilježena je spolna zrelost ženki dužine od tek 33 mm, koje otpuštaju preko milijun zrelih jajašaca, dok je plodnost kod adultnih stadija između 10 i 25 milijuna jajašaca. Mrijest dagnje u Mediteranu je primijećen kroz čitavu godinu, s proljetnim i jesenskim vrhuncem (Dardignac-Corbel, 1990).

Dagnja pri hranjenju iskorištava 100% hranjivih čestica veličine 3 – 5  $\mu\text{m}$ , oko 50% čestica veličine 1 – 2  $\mu\text{m}$  te 20 – 30% čestica manjih od 1  $\mu\text{m}$  i manji dio čestica veličine 6  $\mu\text{m}$  do 200  $\mu\text{m}$  (Gosling 1992; Dardignac-Corbel, 1990). U razdoblju dok je koncentracija hranjivih čestica u moru niska, dagnje unose svu dostupnu količinu hrane u probavni sustav. Uz povećanu dostupnost hranjivih tvari povećava se i unos čestica, a nakon postignutog maksimuma unosa sva se dodatna količina hrane izbacuje kao pseudofeces (Dardignac-Corbel, 1990). Sastav obroka u vodenoj okolini dagnje može biti različit, a najvažniji izvori hrane dagnje, kao i kod ostalih školjkaša, su različite skupine fitoplanktonskih organizama (Sidari i sur. 1998; Xu & Yang 2007). Iako je fitoplankton nedvojbeno glavni izvor hrane dagnji, novija istraživanja ukazuju da značajan udio u obroku sačinjava i organski detritus, anorganske čestice, bakterije, različite skupine zooplanktona i razgrađena organska tvar (Gosling, 1992; Sidari i sur. 1998; Wong & Levinton 2004; Karayücel i sur. 2010; Prato i sur. 2010; Ezgeta-Balić i sur. 2012; Peharda i sur. 2012). Postoje različita mišljenja autora o tome u kojem udjelu pojedina frakcija sudjeluje u obroku dagnji, ali zasigurno sve imaju važnu ulogu u prehrani kada su koncentracije fitoplanktona u moru niske i nedostadne za podmirenje energetske potrebe. Tako su Peharda i sur. (2012) utvrdili prisutnost zooplanktonskih vrsta u želucu kod 97% jedinki dagnje *M. galloprovincialis*, od čega se 74% sastojalo od ličinki školjkaša, dok Gosling (1992) navodi da dagnje mogu podmiriti većinu energetske potrebe iskorištavajući razgrađenu organsku tvar.

Točan udio pojedine frakcije obroka teško je odrediti i on varira ovisno o sezoni i veličini jedinke (Gosling, 1992).

### 2.2.3. Uzgojne značajke vrste *Mytilus galloprovincialis*

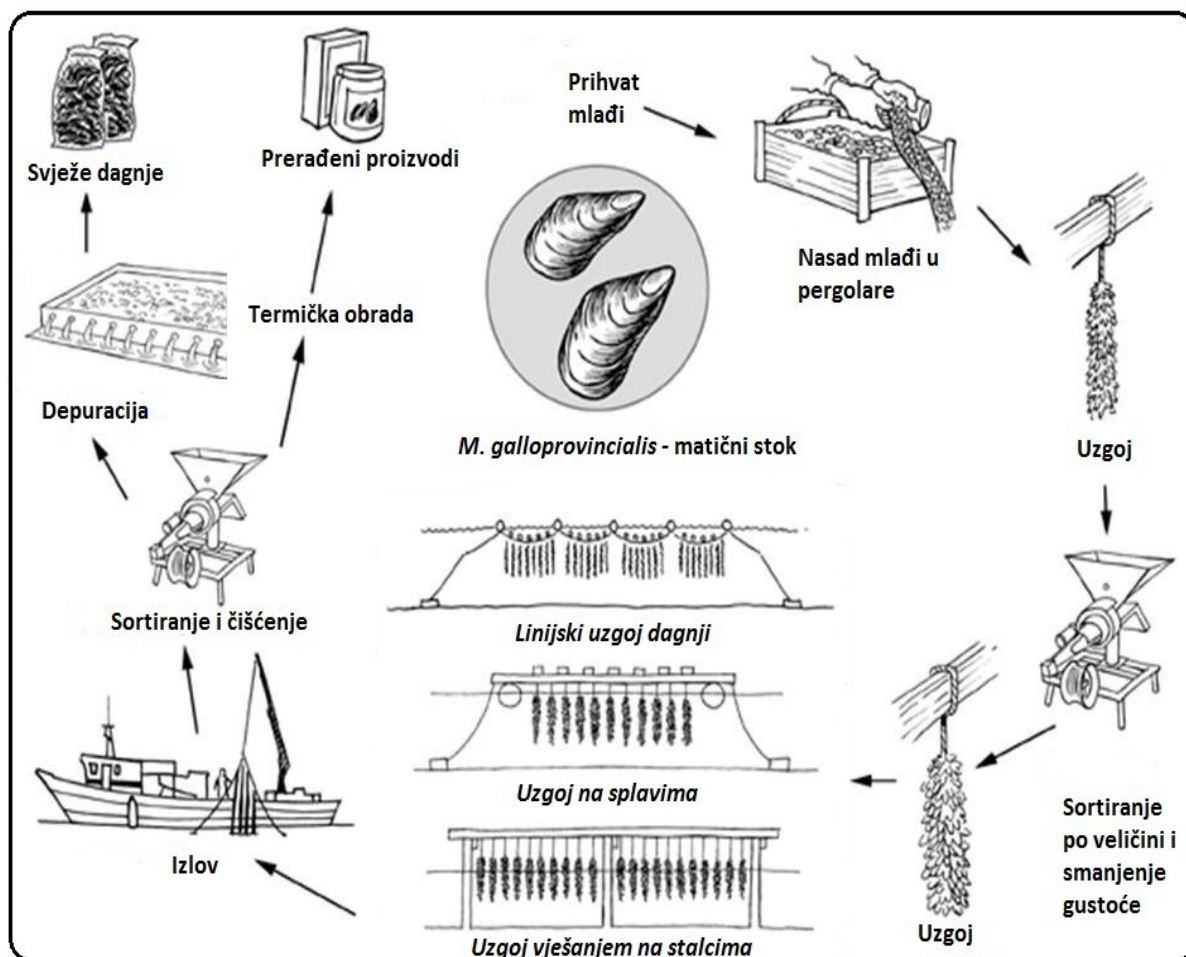
Proizvodnja vrste *Mytilus galloprovincialis* zastupljena je u većini mediteranskih zemalja i u 2009. godini iznosila je 119.964 tona s ukupnom vrijednošću od iznad 117 miliona USD, dok je vrhunac s proizvodnjom od 146.368 tona postignut 2003. godine, sa Španjolskom i Grčkom kao najvećim proizvođačima (FAO, 2010) (Slika 2.7.). Hrvatska proizvodnja je u odnosu na ostale zemlje i mogućnosti razvoja vrlo mala i konstantno iznosi oko 3.000 tona (Mišura i sur. 2008).



**Slika 2.7.** Povijest kretanja prosjeka proizvodnje vrste *M. galloprovincialis* na Mediteranu (Izvor: autor prema FAO, 2010)

Tehnologija uzgoja ove vrste na cijelom je Mediteranu slična i relativno jednostavna. Temelji se na skupljanju mlađi uz uporabu različitih tipova kolektora, te nasadu u plastične pergolare koji se postavljaju na plutajuće linije ili pontone gdje rastu do trenutka izlova, nakon čega idu na obradu i prodaju. Gotovo 80% proizvodnje dagnje na Mediteranu se na tržište iznosi

svježe, dok se ostatak sterilizira i prerađuje. Shematski prikaz uzgoja ciklusa uzgoja dagnji prikazan je na Slici 2.8.



**Slika 2.8.** Shematski prikaz ciklusa proizvodnje dagnje *M. galloprovincialis*  
(Izvor: Prema FAO, [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mytilus\\_galloprovincialis/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mytilus_galloprovincialis/en))

Primjer iz Grčke pokazuje kako je do naglog povećanja proizvodnje došlo 1980-tih godina primjenom tehnologije linijskog uzgoja na otvorenom moru, uz povećanje prosječne površine uzgajališta s 0,2 ha na 3,5 ha (Theodorou i sur. 2010). Prema Batzios i sur. (2004) i Theodorou i sur. (2010), glavni su problemi proizvodnje dagnji u Grčkoj veliki broj malih uzgajališta u osjetljivim prirodnim staništima kojima je već ukinuta koncesija zbog ulaska u različite programe zaštite (npr. Natura 2000), loš marketing proizvoda, manjak otkupnih i purifikacijskih centara, spora administracija prilikom registracije novih lokacija za uzgoj, manjak izvora mladih i pojava periodičnog cvjetanja mora. Hrvatsko školjkarstvo u svim uzgojnim

područjima ima izrazito obrtničko-obiteljski karakter, nastao na tradiciji uzgoja u prošlom stoljeću. Postojeći uzgoj školjkaša uglavnom se temelji na vrlo tradicionalnim tehnologijama te je nepredvidljiv i stoga kritičan za financiranje od strane komercijalnih izvora (UNDP, 2009). Državnom strategijom od 2001. godine planirao se rast u desetogodišnjem razdoblju s 3.000 na 20.000 tona/god. školjkaša, uz izgradnju mrjestilišta, purifikacijskih i otpremnih centara i ostale prateće infrastrukture. Tijekom proteklog razdoblja proizvodnja je ostala na podjednakim razinama, a dodatna infrastruktura još nije izgrađena. Prema Integralnom planu razvoja školjkarstva (UNDP, 2009) problemi u hrvatskom školjkarstvu mogu se usporediti s onima u Grčkoj, ali su još jače izraženi – neorganiziranost uzgajivača u svrhu rasta proizvodnje i marketinga, nepostojanje većih udruga i velikih proizvođača, niska razina marketinga i prodaje, nepostojanje otpremnih centara, zastarjele uzgojne tehnologije (poglavito glede prikupljanja mlađi) i nedostatak sredstava i državnih strateških poticaja. Integralnim planom razvoja školjkarstva predviđa se rast proizvodnje dagnji na 20,000 tona, premještanjem na nove do sada neiskorištene površine Malostonskog zaljeva prema rijeci Neretvi, ušću rijeke Krke i Novigradskom moru/Velebitskom kanalu te modernim mehaniziranim pučinskim uzgojem. Kao jedan od načina povećanja proizvodnje svakako treba razmotriti i integralni uzgoj dagnje na postojećim uzgajalištima riba. Nedavna istraživanja integralne akvakulture školjkaša i ribe u Mediteranu (Sarà i sur. 2009) pokazuju da dagnje u blizini uzgajališta riba imaju podjednaki uzgojni ciklus kao i u tradicionalnim proizvodnim područjima te potvrđuju hipotezu da bi se primjenom jednostavne tehnologije prikupljanja mlađi i premještaja na uzgojna područja, ili integriranog uzgoja s ribom, mogla značajno povećati proizvodnja ovog školjkaša na Jadranu u relativno kratkom vremenskom periodu. Naravno, usporedno bi trebalo riješiti ostale probleme, poglavito one vezane uz zdravstvenu ispravnost, marketing i plasman dagnje. Prema Ridler i sur. (2007), integralnim uzgojem dagnji, algi i lososa u uvjetima stabilnih tržišnih cijena može se postići neto povećanje profitabilnosti farme od čak 24%. Prema istim autorima, učinak integracije različitih skupina organizama još je značajniji u slučaju nepredvidivih događaja (mortaliteta, pada cijena na tržištu) jer ublažava negativne ekonomske učinke kojima je podložan uzgoj u monokulturi. Potencijali ovakvog načina proizvodnje, posebice onaj o ekonomskoj isplativosti te o rezultatima interakcije dviju različitih skupina organizama nisu još dovoljno istraženi, pogotovo na Mediteranu, ali svakako predstavljaju područje koje treba dodatno istražiti.

## 2.3. Kunjka *Arca noae*

### 2.3.1. Dosadašnja istraživanja porodice Arcidae

Porodica *Arcidae* broji preko 200 vrsta školjkaša rasprostranjenih po cijelom svijetu, a pojedine vrste predstavljaju značajan izvor proteina za ljudsku konzumaciju s velikom komercijalnom važnosti (Broom, 1982). Većina ovih vrsta izlovljava se iz prirodnih populacija i uz upotrebu različitih ribolovnih alata te predstavlja značajan izvor hrane i prihoda lokalnom stanovništvu. Najvažnije ciljane vrste u ovim tradicionalnim oblicima ribolova su *Anadara tuberculosa* (G.B. Sowerby I, 1833), *Anadara similis* (C.B. Adams, 1852), i *Larkinia multicostata* (Sowerby I, 1833) na obalama Kolumbije, *Anadara cornea* (Reeve, 1844) u morima otočja Fiji, *Senilia senilis* (Linnaeus, 1758) u Zapadnoj Africi (Broom, 1982), *Lunarca ovalis* (Bruguière, 1789), *Anadara transversa* (Say, 1822) i *Noetia ponderosa* (Say, 1822) u SAD (Walker & Power 2004) te *Arca noae* Linnaeus, 1758 u Mediteranu (Hrs-Benko, 1980). Intenzivno iskorištavane i komercijalno značajne vrste su i *Tegillarca granosa* (Linnaeus, 1758) u Maleziji i Tajlandu, *Anadara broughtonii* (Schrenck, 1867) u Južnoj Koreji i *Anadara sativa* (Bernard, Cai & Morton 1993) u Japanu (Broom, 1985). Zbog problema sa sinonimima unutar porodice *Arcidea* u tekstu su navedena validna imena vrsta prema "World register of marine species" koja se razlikuju od imena vrsta navedenih u citiranim publikacijama (<http://www.marinespecies.org>, pristupljeno 4. veljače 2012. godine). Uz navedene vrste, na komercijalnoj razini u raznim područjima Kine, Malezije, Tajlanda i Južne Koreje uzgajaju se vrste *T. granosa* i *A. broughtonii* (Broom, 1982; 1983; Park i sur. 2001). Na primjer, vrsta *A. broughtonii* komercijalno je najvažnija vrsta u Japanu i J. Koreji s maksimumom proizvodnje od 58,000 tona dostignutim 1986. godine (Park i sur. 2001) dok je vrsta *T. granosa* s 419,587 tona proizvedenih 2008. godine, treća po važnosti vrsta koja se proizvodi u akvakulturi (FAO, 2010).

Iako su ekonomski vrlo značajne, proizvodni parametri vezani uz akvakulturu za vrste *Tegillarca granosa* i *Anadara broughtonii* relativno su slabo istraženi i opisani. Primjerice, Broom je istraživao rast prirodnih i populacija u eksperimentalnom uzgoju (1982), te razvoj gonada i mrijest vrste *T. granosa* (1983). Narasimham (1988) je opisao određene aspekte biologije iste vrste, dok su Nakamura & Shinotsuka (2007) pratili njezin rast i prehrambene navike u eksperimentalnim uvjetima. Selin (2000) je istražio morfologiju i rast, dok su Park i sur. (2001) pratili reproduktivni ciklus i biokemijski sastav kod vrste *A. broughtonii*. Obje ove vrste karakterizira brz rast i period produkcije kraći od dvije godine, usprkos primjeni vrlo

tradicionalnih metoda uzgoja (Broom, 1985). Školjkaš *Lunarca ovalis* nedavno je također prepoznat kao potencijalno važna vrsta na tržištu SAD – a, s mogućnostima za razvoj ribarstva i akvakulture na industrijskoj razini. Walker (1998) je opisao njezin rast i stopu preživljavanja, McGraw i sur. (2001) proveli su terensko ispitivanje u lagunama i poplavnim područjima na obalama Virginie, Power & Walker (2001) istražili su mogućnosti eksperimentalne akvakulture, dok je Degner (2005) ispitao marketinški potencijal vrste. Vrsta *L. ovalis* isto se tako može smatrati brzo rastućim školjkašem, čija se komercijalna veličina od oko 45 mm postiže unutar dvije godine (Power & Walker 2001). Glavna prepreka dosadašnjem slabom stupnju iskorištavanja ove vrste je manjak interesa među proizvođačima i općenito na tržištu (Degner, 2005).

Kako povećana potražnja za školjkašima može dovesti u pitanje održivost komercijalnog ribolova i ugroziti prirodna naselja školjkaša te da bi se zaštitile prirodne populacije i omogućio održivi ribolov i tehnologija uzgoja, potrebno je istražiti sve biološke značajke ekonomski zanimljivih vrsta. Uz ranije navedene publikacije (npr. Broom, 1982; 1983; MacKenzie, 2001; McGraw i sur. 2001; Power & Walker 2002), objavljen je relativno veliki broj radova koji se bave drugim vrstama iz ove porodice. Primjerice, Mistri i sur. (1988) pratili su rast i produkciju vrste *Anadara inaequalis* (Bruguère, 1789) u laguni rijeke Po u sjevernom Jadranu. Sahin i sur. (1999) istraživali su parametre rasta kod vrste *Anadara cornea* u istočnom Crnom moru. Afiati (2007) je proučavao razvoj gonada kod vrsta *Anadara antiquata* (Linnaeus, 1758) i *Tegillarca granosa*, dok su Stern-Pirlot & Wolff (2006) procijenili ribolovni potencijal i dinamiku populacije vrste *Anadara tuberculosa* na obalama Kostarike.

Nedavno je objavljen i veći broj radova o biologiji i ekologiji kunjke *Arca noae*. U radovima su istraživani rast i starost (Peharda i sur., 2002, 2003a), struktura populacije (Peharda i sur., 2003a, 2009), indeks kondicije (Peharda i sur., 2003a), reprodukcija (Peharda i sur., 2006), predacija od strane puža *Hexaplex (Trunculariopsis) trunculus* (Linnaeus, 1758) (Peharda & Morton, 2006), simbiotski odnos s vrstom spužve *Crambe crambe* (Schmidt, 1862) (Marin & López Belluga 2005), funkcionalna morfologija vrste (Morton & Peharda 2008) i ishrana (Ezgeta-Balić i sur. 2012; Peharda i sur. 2012). Ipak, iako je kunjka komercijalno značajna vrsta na Jadranu i pojedine populacije su relativno dobro istražene, zasad ne postoji dovoljan broj podataka o intenzitetu ribolova i stanju iskorištavanih populacija, kao ni o mogućnostima uvođenja kunjke u akvakulturu.

### 2.3.2. Biološke i ekološke značajke vrste *Arca noae*

Kunjka naseljava istočni Atlantski ocean, Mediteran, Crno more i zapadni Indijski ocean (Nordsieck, 1969). U Jadranu je najgušće naseljena u zoni plime i oseke, ali je prisutna i na dubinama do 60 m (Hrs – Brenko & Legac 1996). Živi kao solitarni primjerak ili formira bisusom spojene nakupine, često zajedno s runjavom dagnjom (*Modiolus barbatus* (Linnaeus, 1758)) (Morton & Peharda 2008). Najčešće je nalazimo na tvrdim kamenitim i stjenovitim tlima, ali često i na šljunkovito – ljušturnim tlima na kojima je ispremiješano kamenje. Najgušća naselja na Jadranu nalaze se uz zapadnu obalu Istre, te u Pašmanskom kanalu i Malostonskom zaljevu, iako je vrsta česta duž čitave istočne strane Jadrana (Hrs – Brenko & Legac 1996). Primijećeno je da gušće naseljava područja sniženog saliniteta s dotokom vode s kopna ili podvodnih vrulja, iako nikad nisu napravljena istraživanja koja bi ovo potvrdila (Morton & Peharda 2008). Doseže starost od preko 15 godina i dužine od 70 – 90 mm (Hrs – Brenko & Legac 1996; Peharda i sur. 2002), a u Nacionalnom parku na otoku Mljet zabilježeni su primjerci od preko 100 mm dužine (Šiletić, 2006). Komercijalna veličina od iznad 50 mm (NN, 63/2010) dostiže se u periodu između 3 i 7 godina (Peharda i sur. 2002; 2003a). Istraživanjem Hrs – Brenko (1980) na zapadnoj obali Istre utvrđen je veliki postotak primjeraka dužih od 50 mm, što autorica objašnjava kao sposobnost oporavka populacija kunjke nakon velikih mortaliteta uzrokovanih djelovanjem nepoznatog uzročnika. Ipak, novije studije strukture populacija (Peharda i sur. 2003a; 2009) ukazuju na pretjerano iskorištavanje ove vrste u nekim područjima. Primjerice, u navedenim istraživanjima postotak jedinki u ukupnoj populaciji manjih od 50 mm na području Malostonskog zaljeva iznosio je 61%, a u Pašmanskom kanalu čak iznad 74%. Najviši indeks kondicije postižu u svibnju i lipnju kada se gonade mužjaka i ženki nalaze u fazi kasnog razvoja ili zrelosti (Peharda i sur. 2006). U Malostonskom zaljevu mrijest se odvija najvećim djelom u lipnju, uz produženost na srpanj i kolovoz (Peharda i sur. 2006). Zanimljivo je napomenuti da su Valli & Parovel (1981) na sjevernom Jadranu zabilježili produženi period mrijesta s dva odvojena vrhunca – jedan u travnju a drugi u rujnu. Svi navedeni autori zabilježili su pojavu hermafrodita s udjelom do 2,2% u ukupnoj populaciji. Kunjka spolnu zrelost postiže vrlo rano. Peharda i sur. (2006) utvrdili su spolnu zrelost kod mužjaka već s 12 mm, a kod ženki s oko 16 mm. Također je uočen i vrlo mali postotak ženki veličine ispod 30 mm uz povećanje udjela ženki nakon druge godine života, što implicira na mogućnost pojave protandrije. Statistički značajna korelacija utvrđena je između gonadosomatskog indeksa i indeksa kondicije kunjke, čijim se praćenjem može relativno brzo i učinkovito predvidjeti period mrijesta (Peharda

i sur. 2006). Ovo može bitno povećati učinkovitost kolektora prilikom postavljanja kod pokušaja prikupljanja mlađi iz prirode kao i kod dobivanja mlađi kontroliranim mrijestom jer nije potrebno raditi složeniju histološku analizu gonada. Stopalo kunjke vrlo je pokretno te se odvojene jedinice okrenute na stražnju stranu vrlo brzo okreću i ponovno pričvršćuju na podlogu (Morton & Peharda 2008). Upotrebom stopala ostvaruje se relativno dobra pokretljivost na podlozi tako da jedinice mogu za 1 – 2 dana preći udaljenost od 20-ak cm prije nego se ponovno prihvate za podlogu. Bisus se kod odvojenih jedinki odbacuje te se u roku od jednog do dva dana stvara novi (Morton & Peharda 2008). Tijekom laboratorijskog eksperimenta izraženija pokretljivost uočena je kod manjih dužinskih kategorija kunjke (<20 mm) u odnosu na veće jedinice (>40 mm) (Šimunović, 2011).



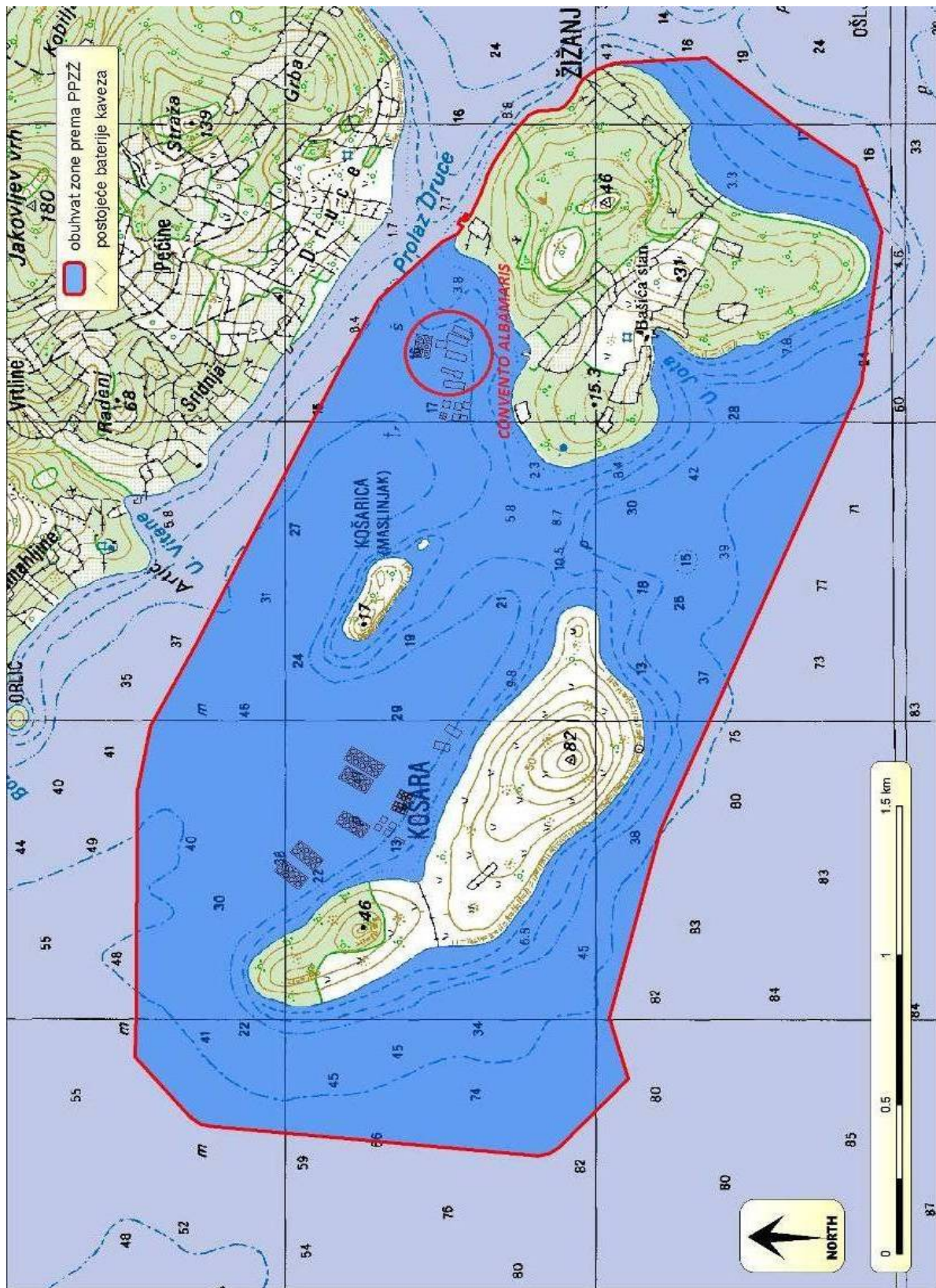
### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. Područje istraživanja

Istraživanje je provedeno na južnoj strani otoka Pašmana na uzgajalištu tvrtke Convento Albamaris (Slika 3.1.) i u Pašmanskom kanalu. Uzgajalište je smješteno u zoni Z1 – Košara – Žižanj, u kojoj je primarna gospodarska djelatnost marikultura. Godišnja proizvodnja tvrtke Convento Albamaris iznosi do 100 t/godišnje lubina (*Dicentrarchus labrax*) i komarče (*Sparus aurata*) u podjednakom omjeru. U zoni Z1 nalaze se još dva manja uzgajališta u blizini otočića Žižanj (Limbora d.o.o; Patricija d.o.o.) s ukupnom proizvodnjom do 70 t/godišnje te jedno veće (Cromaris d.d.) s proizvodnjom od oko 500 t/godišnje s planom povećanja na 2.000 t/godišnje u razdoblju od pet godina (Slika 3.2.).

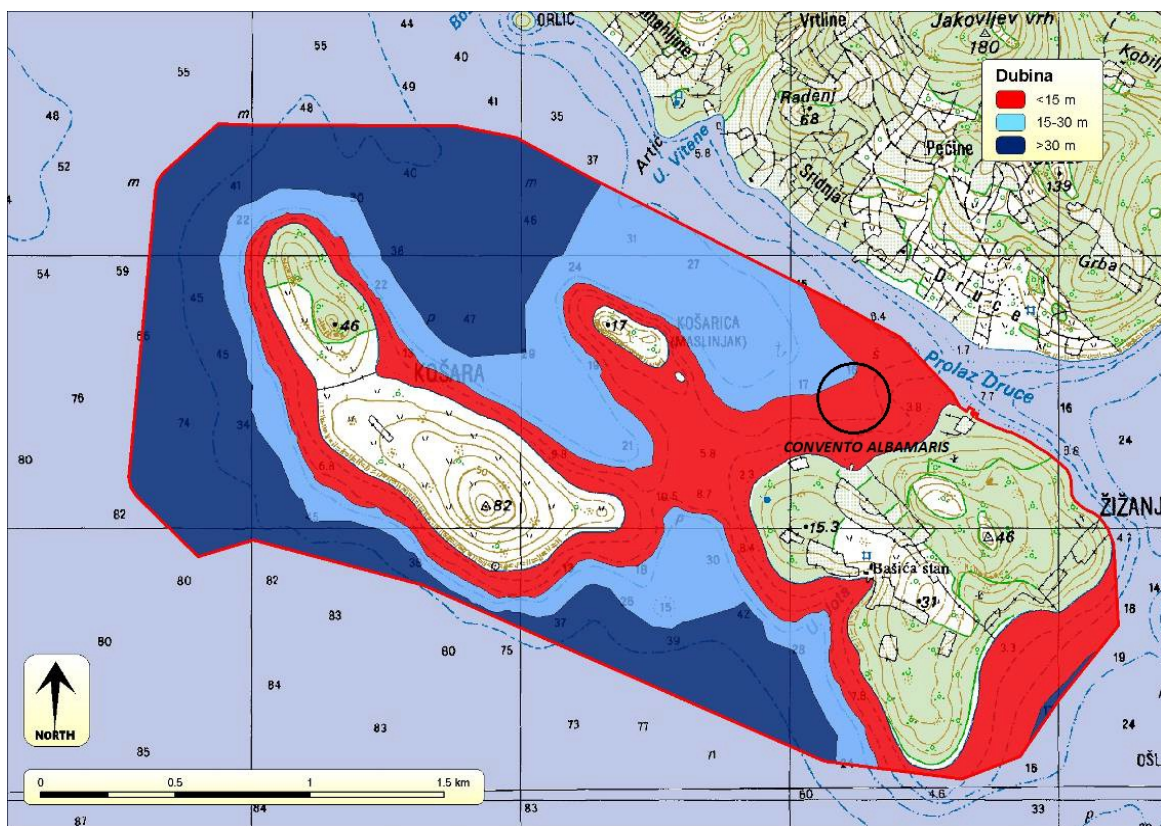


**Slika 3.1.** Uzgajalište lubina i komarče tvrtke Adria-octopus na otoku Pašmanu (Foto: Ivan Župan)



Slika 3.2. Raspored instalacija uzgajališta u zoni Z1 u rujnu 2008. godine  
(Izvor: OIKON, 2009)

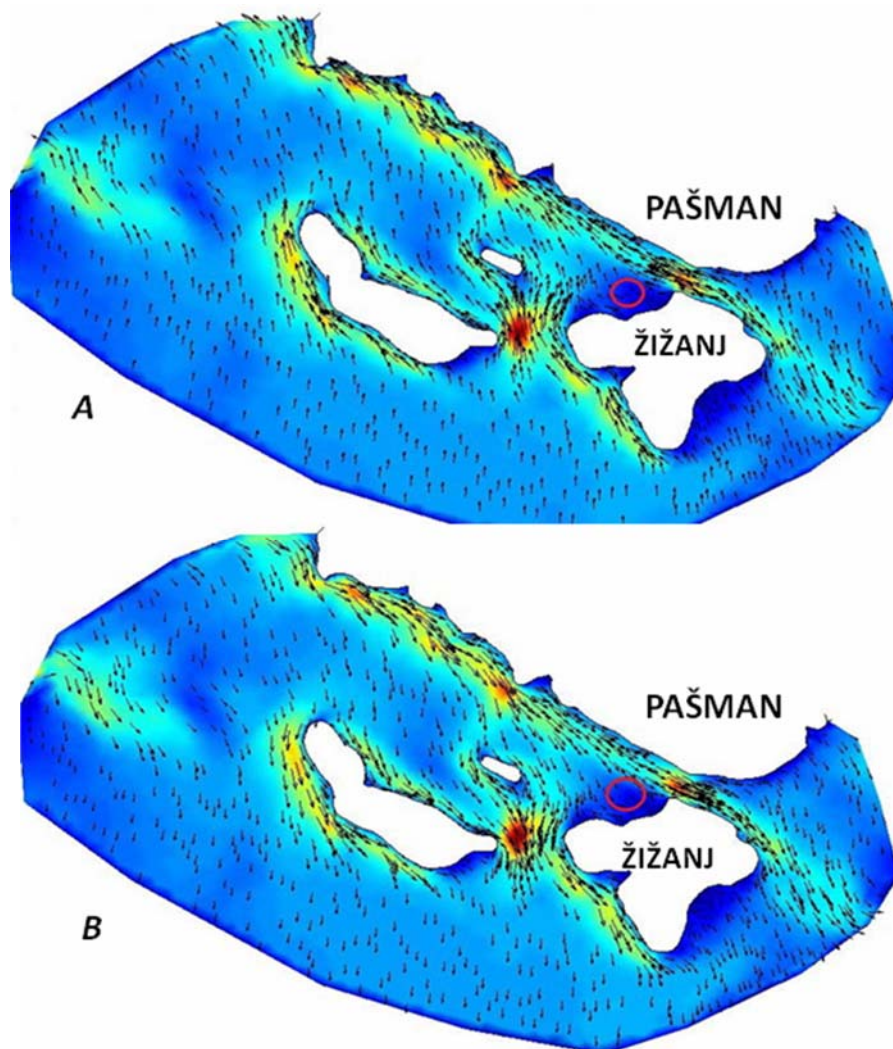
Sukladno Pravilniku o kriterijima pogodnosti pomorskog dobra za uzgoj morskih organizama (NN 56/2002), lokacija na kojoj je provedeno istraživanja može se smatrati "lošom" do "dobrom" jer je smještena većim dijelom na dubini do 15 m i tek manjim dijelom na dubini od 15 – 30 m (Slika 3.3.). S obzirom na tip morskoga dna, u cijeloj zoni prevladava slabo šljunkovito muljeviti pijesak, što je „srednje dobro“ za uzgoj bijele ribe, sukladno Pravilniku o kriterijima pogodnosti pomorskog dobra za uzgoj riba i drugih morskih organizama (NN 56/2002). Što se tiče onečišćenja, temperature, saliniteta i sadržaja kisika, lokacija je dobra za uzgoj riba prema istom Pravilniku (vidi u: Studija utjecaja na okoliš, OIKON, 2009).



**Slika 3.3.** Podjela zone Z1 s obzirom na dubinu (Izvor: OIKON, 2009)

Plimno strujanje je relativno slabo unutar područja zatvorenog otocima (Pašman, Košara i Žižanj), a jače je na području s vanjske strane otoka Košare te u prolazu između Košare i Žižnja, stoga je disperzivna sposobnost okoliša s vanjske strane otoka bolja od unutrašnje strane otoka. Što se tiče vjetrovnih struja (za jugoistočni i sjeverozapadni vjetar, koji su najčešći na području), one su najjače u prolazu između Košare i Žižnja te uz vanjsku stranu otoka Košare. S unutrašnje strane otoka strujanje je jače uz same obale otoka Košare i Maslinjaka, a slabije na većim

dubinama. Strujanje je relativno slabog intenziteta, srednje vrijednosti do 5 cm/s, dok su najviše vrijednosti izmjerene u površinskom sloju i iznose 24,6 cm/s (OIKON, 2009). Površinsko stacionarno strujanje izazvano vjetrovima iz jugoistočnog i sjeverozapadnog smjera prikazano je na slici 3.4. Studijom utjecaja na okoliš za Zonu Z1, predviđena je i mogućnost uzgoja mlađi dagnje (*Mytilus galloprovincialis*), kao dominantnog obraštajnog školjkaša na instalacijama za uzgoj s procjenom o mogućnosti prikupljanja oko 40 tona mlađi dagnje godišnje, što je dovoljno za uzgoj od 180 do 205 tona konzumne dagnje godišnje. Dosad na ovom dijelu Jadrana nije zabilježen komercijalni uzgoj školjkaša, već se određene vrste izlovljavaju različitim alatima iz prirodnih populacija. Intenzivni uzgoj lubina i komarče na ovoj lokaciji provodi se kontinuirano u podjednakom intenzitetu od 1993. godine. Procijenjena prosječna godišnja emisija za otopljeni dušik (N) iznosi 27,285 kg, za fosfor (P) iznosi 2,548 kg, a za ugljik (C) 22,385 kg.



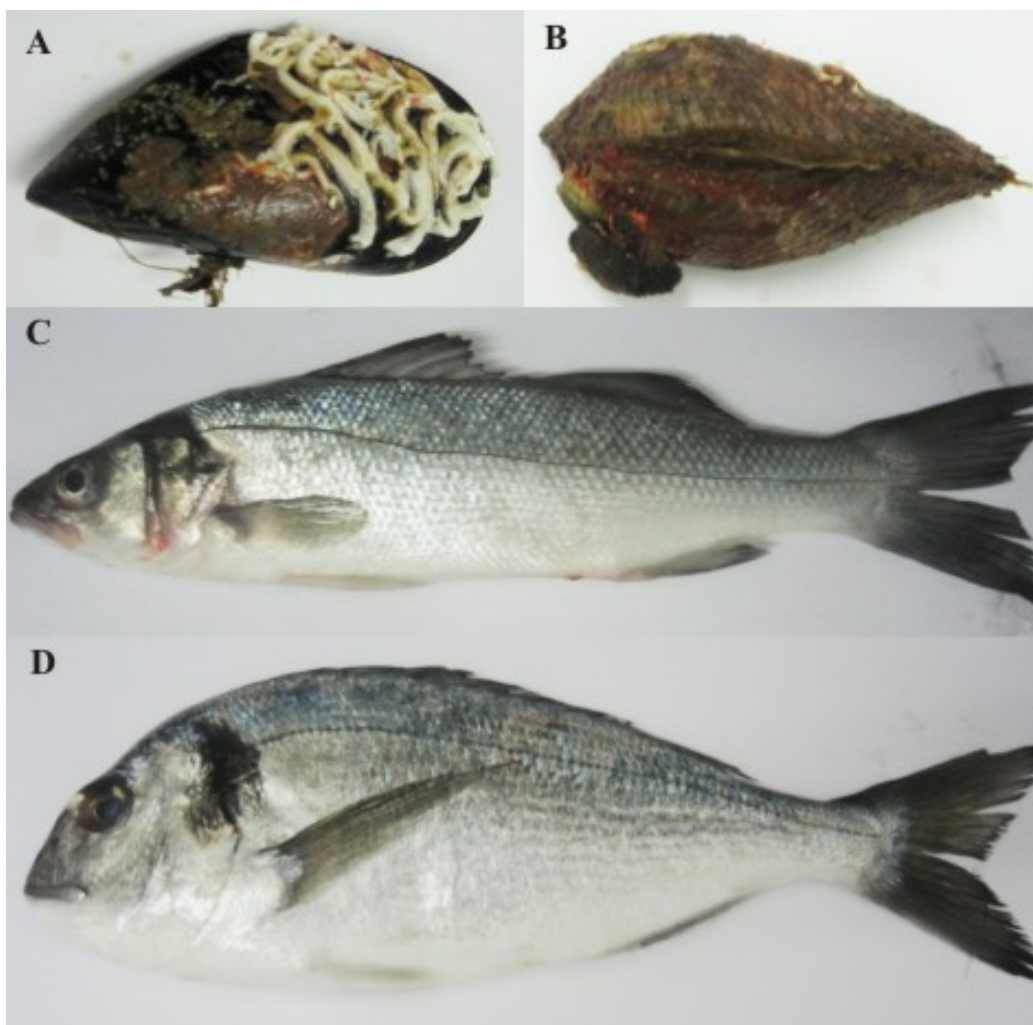
**Slika 3.4.** Smjer površinskog strujanje mora u zoni Z1  
A – južni vjetar; B – sjeverozapadni vjetar  
(Izvor: OIKON, 2009)

### 3.2. Tehnologija uzgoja ribe

Uzgajalište raspolaže s otprilike 40-tak kvadratnih kaveza dimenzija 9x9x6 m te 6 okruglih kaveza promjera 13 m i dubine mreže oko 10 m smještenih na površini od oko 10,000 m<sup>2</sup>. Nasad mlađi lubina i komarče vrši se u zimsko-proljetnom periodu (veljača – travanj), s nasadnim veličinama od oko 10 g. Mlađ se prvih nekoliko mjeseci uzgaja u kvadratnim kavezima dimenzija 4,5x9x4 m do postizanja mase od oko 80 g. Tada se riba prebacuje (lipanj – kolovoz) u kvadratne kaveze dimenzija 9x9x6 m ili okrugle kaveze promjera 13 m, dubine mreže 10 m. U njima se riba uzgaja sljedećih 10 – 15 mjeseci, sve do postizanja konzumne veličine od iznad 200 g (svibanj – rujna sljedeće godine), i izlova odnosno prodaje na tržištu. Hranidba svih nasada i kategorija ribe obavlja se ručno. Riba se hrani ovisno o veličini i periodu godine prema naputcima proizvođača hrane. Mlađ se hrani 4-5 puta dnevno, pretkonzumna riba dva puta dnevno, konzumna riba jednom dnevno, a u zimskom periodu (temperatura ispod 14°C) jednom u dva dana. Od 2005. godine pa do 2010. godine godišnji nasad ribe na uzgajalištu sastojao se od oko 160.000 komada mlađi lubina i oko 160.000 komada mlađi komarče, prosječne težine oko 10 g. Ovakvim godišnjim nasadom ostvarena je prosječna proizvodnja od oko 90 t ribe godišnje. Mortaliteti su varirali od 15% pa do 40% kod pojedinih nasada. Prosječna godišnja potrošnja hrane kretala se oko 150.000 kg te je u petogodišnjem periodu utrošeno ukupno oko 750.000 kg riblje hrane, proizvođača Skretting i BioMar. Sastav hrane djelomično se mijenjao ovisno o starosnoj kategoriji ribe, ali je općenito bio jednak standardu koji se koristi u uzgoju lubina i komarče na Jadranu i Mediteranu (Bavčević & Lovrinov 2006; Katavić, 2006), s prosječnim sastavom od oko 45% proteina, 20% masti, 12% ugljikohidrata, 7,1% dušika (N), 1% fosfora (P) i 22 MJ/kg, te manjim udjelom vitamina i minerala.

### 3.3. Dizajn eksperimenta

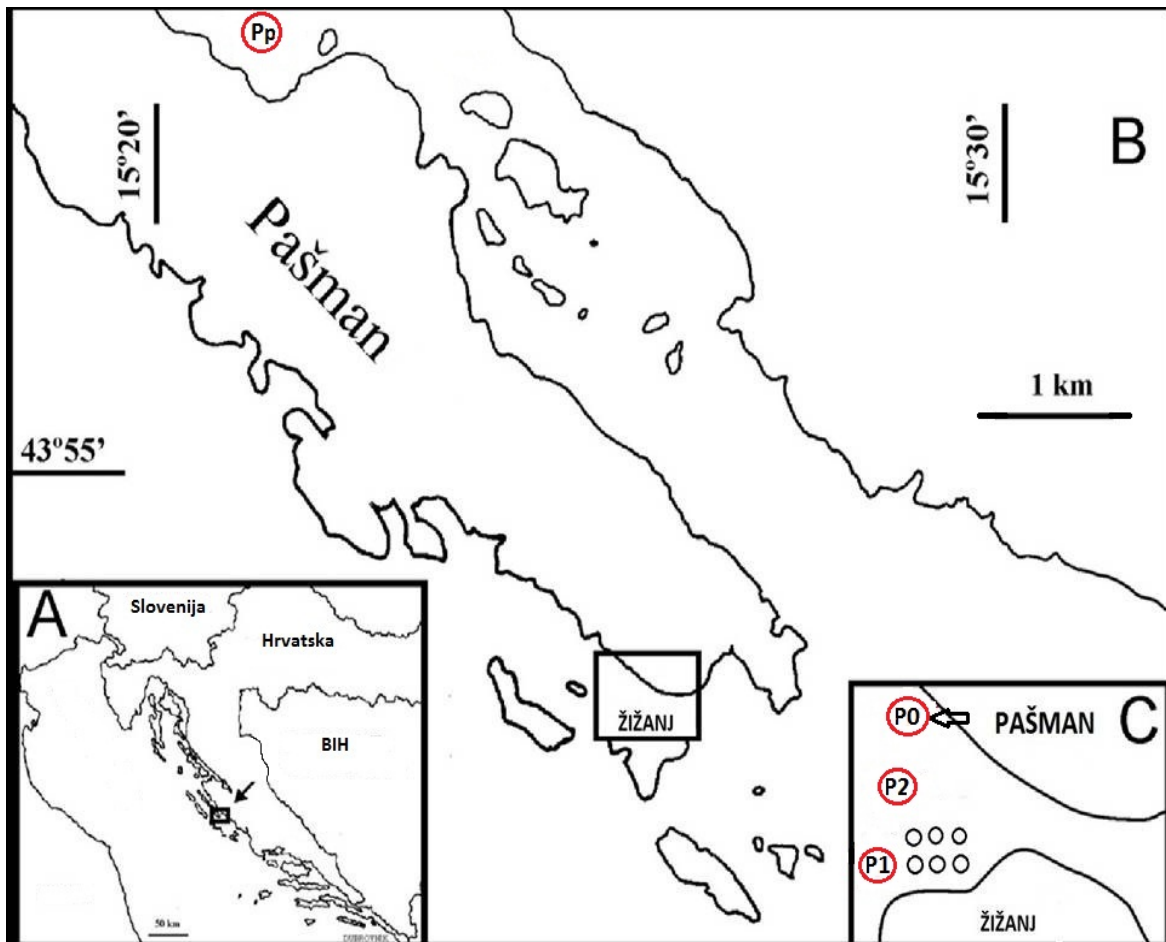
U istraživanju su uključene dvije vrste školjkaša: dagnja (*Mytilus galloprovincialis*) koja dominira u obraštaju na instalacijama kaveza, i kunjka (*Arca noae*) čije su populacije bogato zastupljene na širem području istraživanja, te dvije vrste riba koje dominiraju u uzgoju na Jadranu: lubin (*Dicentrarchus labrax*) i komarča (*Sparus aurata*). Vrste korištene u istraživanju prikazane su na slici 3.5.



**Slika 3.5.** Vrste uključene u istraživanje: A dagnja (*Mytilus galloprovincialis*), B kunjka (*Arca noae*), C – lubin (*Dicentrarchus labrax*), D – komarča (*Sparus aurata*)

U istraživanju su korištene 4 lokacije na različitim udaljenostima od uzgajališta riba. Raspored postaja istraživanja prikazan je na slici 3.6. Postaja P<sub>1</sub> je pod direktnim i najizraženijim utjecajem intenzivnog uzgoja riba, ali iz tehnoloških razloga, zbog same blizine kavezima s ribom, smatra se da nije pogodna za uzgoj školjkaša. Postaja P<sub>2</sub> najpogodnija je u slučaju komercijalnog iskorištavanja školjkaša jer je prikladnija iz tehnoloških i zootehničkih razloga, a izložena je jakom utjecaju aktivnosti uzgoja riba. Postaja P<sub>0</sub> određena je kao referentna postaja za praćenje prirasta i indeksa kondicije dagnje jer se nalazi na 700 m udaljenosti od uzgajališta riba, te se pretpostavlja da na njoj nema utjecaja intenzivnog uzgoja riba. Postaja P<sub>p</sub> u Pašmanskom kanalu određena je kao referentna postaja za praćenje prirasta i indeksa kondicije kunjke na kojoj nema nikakvog utjecaja intenzivnog uzgoja riba i na njoj su prikupljeni uzorci kunjke za nasad na postajama P<sub>1</sub> i P<sub>2</sub>. Svi uzorci dagnje i kunjke bili su smješteni na dubini od 3

m, a korištena je standardna tehnologija koja se koristi u proizvodnji dagnji na Jadranu – uzgoj u plastičnim pergolarima.

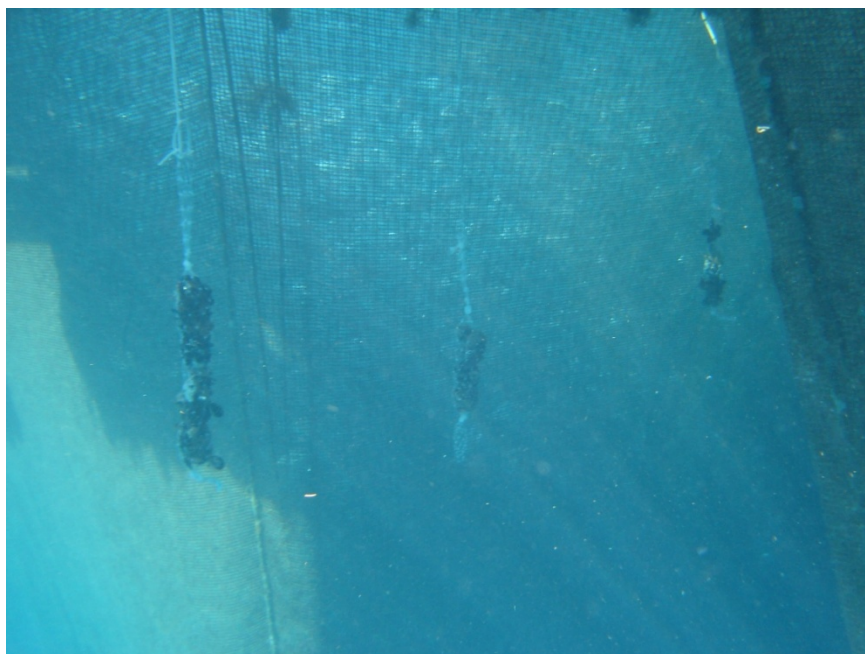


- \* P<sub>1</sub> – pored kaveza s ribom (kunjke i dagnje)
- \* P<sub>2</sub> – 60 m od uzgajališta (kunjke i dagnje)
- \* P<sub>0</sub> – 700 m od uzgajališta (dagnje – referentna postaja)
- \* P<sub>p</sub> – Pašmanski kanal (kunjke – referentna postaja)

**Slika 3.6.** Raspored postaja istraživanja

Istraživanje je provedeno u dvije faze. U prvoj fazi istraživani su rast i indeks kondicije dagnje na različitim udaljenostima od uzgajališta riba, i to u periodu od studenog 2005. do studenog 2006. godine. U drugoj fazi, u razdoblju od studenog 2008. do ožujka 2010. godine istraživan je rast, indeks kondicije i način ishrane kunjke na različitim udaljenostima od uzgajališta riba i u prirodnom staništu. Uzorci dagnji i kunjki na lokaciji P<sub>1</sub> bili su postavljeni na

instalacije platforme s 12 kaveza dimenzija 9x9x6 m u kojem su se u cijelom periodu istraživanja nalazili predkonzumni i konzumni nasadi lubina i komarče. Uzorci su u prosjeku bili udaljeni oko 2 m od mreža kaveza (Slika 3.7. i 3.8.). Dubina ispod kaveza bila je 14 m.



**Slika 3.7.** Uzorci dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) na postaji P<sub>1</sub> pored kaveza s ribom



**Slika 3.8.** Uzorci kunjke (*Arca noae*) na lokaciji P<sub>1</sub> pored kaveza s ribom



Na lokaciji P<sub>2</sub> i P<sub>0</sub>, uzorci su postavljeni na linije za uzgoj, postavljene za potrebe istraživanja (Slika 3.9. i 3.10.). Dubina na postaji P<sub>2</sub> je iznosila 15 m, a na postaji P<sub>0</sub> 6m.

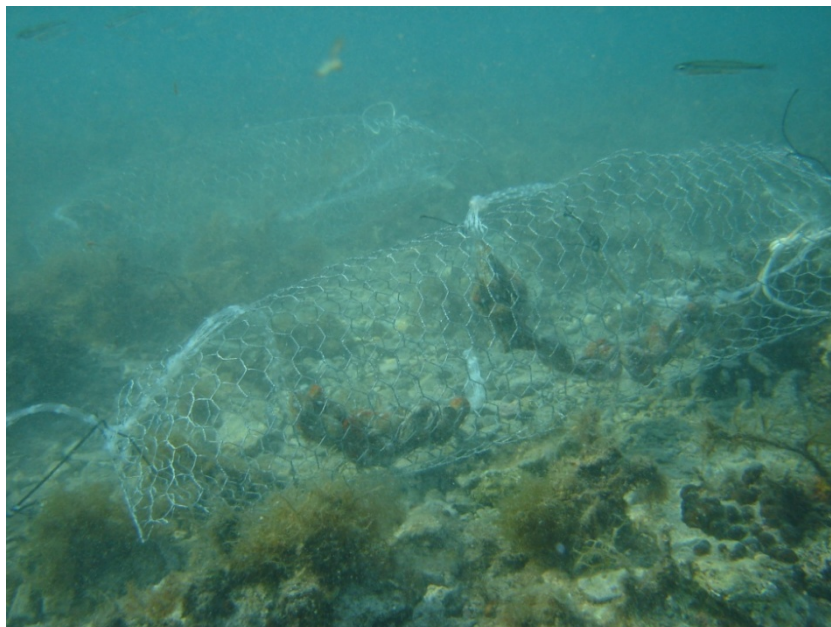


**Slika 3.9.** Uzorci dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) na lokaciji P<sub>2</sub> udaljeni 60 m od kaveza s ribom



**Slika 3.10.** Uzorci kunjke (*Arca noae*) na lokaciji P<sub>2</sub> udaljeni 60 m od kaveza s ribom

Na lokaciji P<sub>p</sub> uzorci za ispitivanje prirasta kunjke postavljeni su na dubini od oko 3 m, položeni na morsko dno unutar metalnih zaštitnih kaveza (Slika 3.11.). S iste lokacije u krugu od cca 500 m ronjenjem na dah izlovljavali su se uzorci kunjke za mjerenje indeksa kondicije i načina ishrane.



**Slika 3.11.** Uzorci kunjke (*Arca noae*) za mjerenje prirasta na postaji P<sub>p</sub> u Pašmanskom kanalu

### 3.3.1. Abiotski parametri

Temperatura je mjerena jednom mjesečno (drugi tjedan u mjesecu) tijekom prve faze pokusa, odnosno prilikom istraživanja brzine rasta i indeksa kondicije dagnji, u periodu od studenog 2005. godine do studenog 2006. godine, na lokacijama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> i P<sub>0</sub> na dubini od 3 m.

U drugoj fazi prilikom istraživanja brzine rasta, indeksa kondicije i načina ishrane kunjke, u periodu od studenog 2008. godine pa do ožujka 2010. godine prikupljeni su jednom mjesečno (drugi tjedan u mjesecu) podatci o temperaturi, salinitetu i otopljenom kisiku u moru na dubini od 3 m na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>p</sub>. Podatci su prikupljeni pomoću uređaja *Sinergia* i refraktometra (Slika 3.12.).



**Slika 3.12.** Instrumenti korišteni za prikupljanje podataka o otopljenom kisiku, temperaturi i salinitetu

### 3.3.2. Biotski parametri

Jednom mjesečno (drugi tjedan u mjesecu) u razdoblju od 2008. pa do kraja istraživanja prikupljeni su uzorci mora na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>p</sub>. Uzorci su uzimani na dubini od 3 m uz pomoć crpca, nakon čega su filtrirani preko filter-pumpe te zaleđeni. Uzorci su slani u Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu kako bi se odredili podaci o količini klorofila *a* na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>p</sub>.

Koncentracija klorofila *a* određivana je fluorometrijskom metodom (Strickland & Parsons 1972). Uzorci morske vode, volumena 200 ml, filtrirani su na staklenim membranskim filterima, Whatman GF/F, veličine pore 0,7 μm i promjera 25,0 mm. Filteri su se do analize čuvali u zamrzivaču na -18°C. Klorofil se s filter papira ekstrahirao u 90% acetonu, na način da su se filteri homogenizirali pomoću homogenizatora u 12 ml 90% acetona. Nakon homogenizacije uzorak se držao u mraku 2 h nakon čega se centrifugirao 6 min pri 2500 okretaja/min (rpm/min). Nakon centrifugiranja mjerena je fluorescencija supernatanta u tekućoj fazi iznad taloga prije i nakon zakiseljenja s 0,1 M HCl.

Koncentracija klorofila *a* računana je prema jednadžbi (Strickland & Parsons 1972):

$$\text{Konc CHL } a \text{ (mg m}^{-3}\text{)} = [F_d(T/T-1)(R_b-R_a)v]/V$$

$F_d$  – faktor vrata izražen u miligramima po prostornom metru i po jedinici fluorescencije

$R_b$  – fluorescencija uzorka prije zakiseljenja

$R_a$  – fluorescencija uzorka poslije zakiseljenja

$T$  – odnos fluorescencije klorofila  $a$  prije i poslije zakiseljenja ( $R_b/R_a$ )

$V$  – volumen ekstrakta klorofila  $a$  u  $dm^3$

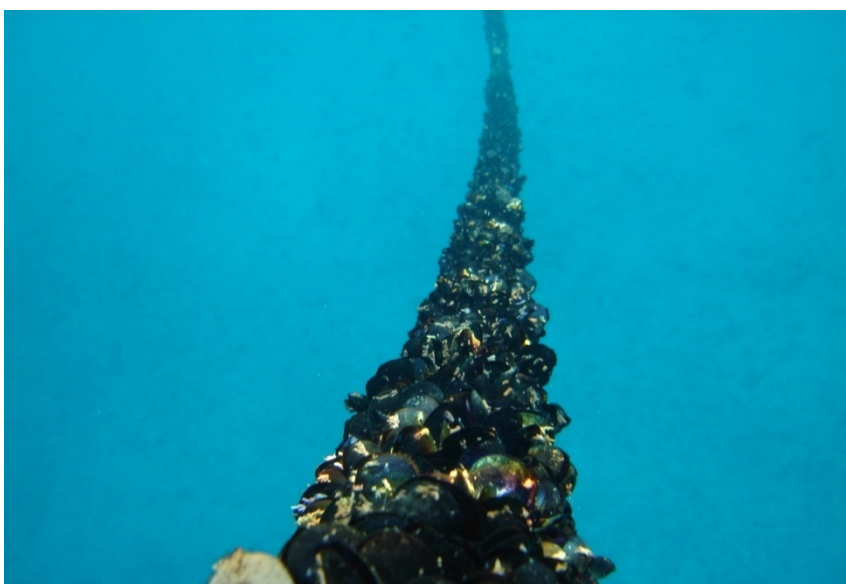
$V$  –volumen profiltriranog uzorka u litrama

Za mjerenje fluorescencije korišten je fluorometar TURNER TD-700.

### **3.4. Istraživanje dagnje (*Mytilus galloprovincialis*)**

#### **3.4.1. Analiza preživljavanja i prirasta**

Uzorci školjkaša prikupljeni su iz iste obraštajne zajednice s instalacija uzgajališta u srpnju 2005. godine (Slika 3.13.). Prikupljeno je ukupno 297 komada dagnji starih oko 6 do 8 mjeseci, srednje inicijalne dužine od  $39,4 \pm 1,81$  mm. Nakon prikupljanja sve su jedinice očišćene od obraštajnih organizama, te su im na svaku ljušturu pomoću dvokomponentnog ljepila zalijepljene oznake za mekušce (HALL PRINT, Victor Harbour, South Australia) (Slika 3.14.). Školjkaši su podijeljeni u tri uzorka i postavljeni u plastične pergolare za uzgoj dagnji veličine oka cca 50 mm te raspodijeljeni na predviđenim lokacijama na dubini od 3 m. Na lokacijama  $P_0$  i  $P_2$  uzorci u pergolarima postavljeni su na linije s bovama napravljene za potrebe eksperimenta, dok su se na lokaciji  $P_1$  uzorci postavili na instalacije kaveza s ribom (komarča). Mjerenje prirasta provodilo se svaka dva mjeseca u razdoblju od studenog 2005. do studenog 2006. godine, a korištena je pomična mjerka s preciznošću od 0,1 mm (Slika 3.15.). Prilikom mjerenja prikupljeni su i podaci o mortalitetu školjkaša na svim lokacijama. Mortalitet je determiniran vizualnim pregledom školjkaša prema primijećenoj aktivnosti predatora, i to kao neidentificirani mortalitet ili mortalitet od strane komarče (*Sparus aurata*) ili volka (*Hexaplex trunculus*). Nakon svakog mjerenja školjkaši su ponovno stavljeni u nove pergolare i vraćeni u more na iste lokacije.



**Slika 3.13.** Obraštajna zajednica dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) na instalacijama uzgajališta iz koje su uzete jedinke za potrebe istraživanja



**Slika 3.14.** Postavljanje markacija na ljušturu dagnje (*Mytilus galloprovincialis*)



Slika 3.15. Mjerenje prirasta dagnje (*Mytilus galloprovincialis*)

### 3.4.2. Analiza indeksa kondicije

Uzorci školjkaša prikupljeni su iz iste obraštajne zajednice na uzgajalištu u srpnju 2005. godine. Za potrebe mjerenja vrijednosti indeksa kondicije napravljena su ukupno 72 uzorka u pergolaru od po 30-tak komada dagnji prosječne inicijalne veličine 30 – 40 mm (Slika 3.16.). Na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>0</sub> postavljeno je po 24 uzoraka (po jedan uzorak za svaki mjesec i po jedna replika za slučaj gubitka uzoraka). Uzorci su postavljeni na isti način kao kod uzoraka za mjerenje prirasta. Svaki mjesec uziman je po jedan uzorak i duboko zamrznut za kasniju laboratorijsku obradu. Uzorci su obrađeni u laboratoriju Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu unutar tri mjeseca od uzorkovanja. Od svakog uzorka odabrano je 30 jedinki podjednake veličine kako bi se izbjegao utjecaj veličine školjkaša na indeks kondicije.



**Slika 3.16.** Uzorci dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) korišteni za mjerenje indeksa kondicije

Procedura sa školjkašima za mjerenje indeksa kondicije (I.K.) bila je sljedeća: školjkaši su odležani te očišćeni od svog obraštaja s ljuštura i zatim stavljeni u kipuću vodu 5 minuta. Nakon kuhanja odstranjena im je ukupna količina mesa koja je stavljena na papir na sušenje (Slika 3.17.). Na digitalnoj vagi s preciznošću od 0,01 g mjerena je masa čistog mesa i prazne ljušture. Indeks kondicije školjkaša računat je prema formuli Davenport & Chen 1987.:

$$\text{I.K.} = \frac{\text{masa prokuhanog mesa}}{\text{masa prokuhanog mesa} + \text{masa ljušture}} \times 100$$



**Slika 3.17.** Mjerenje mase ljušture i mase mesa dagnje (*Mytilus galloprovincialis*)

### 3.5. Istraživanje kunjke (*Arca noae*)

#### 3.5.1. Analiza preživljavanja i prirasta

Uzorci su prikupljeni u listopadu 2008. godine iz njihovog prirodnog staništa u Pašmanskome kanalu na lokacijama Babac, Komornik, Planac, Sv. Katarina i Neviđane uz upotrebu opreme za autonomno ronjenje. Prikupljeno je oko 900 komada kunjke prosječne veličine 3 - 5 cm. Nakon prikupljanja sve su jedinice očišćene od obraštajnih organizama te su označene pomoću oznaka za mekušce (HALL PRINT, Victor Harbour, South Australia) (Slika 3.18.). Kako bi se smanjila mogućnost ispadanja markacija, markacije su lijepljene na obje ljuštore.



**Slika 3.18.** Kunjke (*Arca noae*) s markacijama na obje ljuštore spremne za nasad



U prvom eksperimentu postavljena su na svaku lokaciju po 3 uzorka (ukupno 491 školjkaš) na dubini od 3 m. Uzorci su postavljeni u plastične pergolare veličine oka 50 mm namijenjenih linijskom uzgoju dagnji.

Na lokaciji P<sub>p</sub> uzorci su položeni na morsko dno, na lokaciji P<sub>2</sub> obješeni su na liniju za uzgoj, dok su na postaji P<sub>1</sub> obješeni na instalacije kaveza. Već u siječnju 2009. godine primijećen je veliki mortalitet na lokaciji P<sub>p</sub> od strane volka (*Hexaplex trunculus*). Iz tog razloga u ožujku 2009. godine pokrenut je novi eksperiment sa školjkašima označenim na isti način, ali koji su postavljeni na lokaciji P<sub>p</sub> u zaštitne metalne kaveze (ukupno 382 školjkaša). Kavezi su bili dizajnirani na način da pružaju mehaničku zaštitu školjkašima od strane volaka, zvjezdača, komarče i drugih predatornih vrsta (Slika 3.19.). Također, pri izboru materijala za konstrukciju kaveza obraćena je pozornost na veličinu oka kaveza koja bi omogućila nesmetani protok mora odnosno hranjivih tvari školjkašima (veličina stranice oka bila je 3 cm). Mjerenje vrijednosti prirasta školjkaša nastavljeno je svaka tri mjeseca do ožujka 2010. godine. Istovremeno je provođeno mjerenje uzoraka iz prvog i drugog eksperimenta, a u obzir za analizu prirasta uzeti su samo školjkaši koji su preživjeli čitav eksperiment.



**Slika 3.19.** Uzorci kunjke (*Arca noae*) unutar zaštitnog kaveza

Prirast je mjereno pomoću digitalne pomične mjerke s preciznošću od 0,1 mm, a nakon svakog mjerenja školjkaši su vraćeni u more u novim pergolarima na iste lokacije. Prilikom svakog mjerenja prikupljeni su i podaci o mortalitetu školjkaša na svim lokacijama.

### 3.5.2. Analiza indeksa kondicije

Uzorci su prikupljeni u listopadu 2008. godine iz njihovog prirodnog staništa u Pašmanskom kanalu na lokacijama Babac, Komornik, Planac, Sv. Katarina i Neviđane uz upotrebu opreme za autonomno ronjenje. Napravljeno je ukupno 48 uzorka s po 50 komada kunjki čija se veličina kretala u rasponu od 40,0 do 73,0 mm ( $x=56\pm 4,68$  mm) (Slika 3.20.). Na postaji  $P_p$  uzorci su uzimani iz prirodnog staništa, a na postajama  $P_1$ ,  $P_2$  postavljeno je po 24 uzorka kunjki (12 za svaki mjesec i još 12 replika za slučaj gubitka uzorka) na dubini od 3 m. Svaki mjesec od studenog 2008. do studenog 2009. godine (drugi tjedan u mjesecu) na postajama  $P_p$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  uziman je po jedan uzorak od po 30 komada kunjki koji su duboko zamrznuti. Svaka tri mjeseca obavljeno je mjerenje vrijednosti indeksa kondicije u laboratoriju Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu. Procedura sa školjkašima za analizu vrijednosti indeksa kondicije bila je indentična onoj provedenoj za dagnju.



**Slika 3.20.** Uzorci kunjke (*Arca noae*) za mjerenje indeksa kondicije

### 3.5.3. Analiza omjera spolova

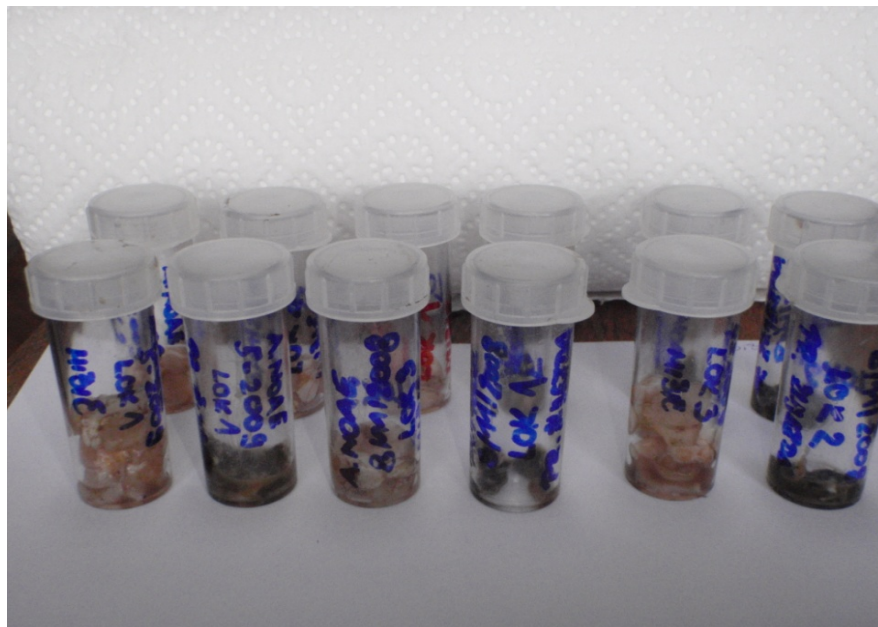
U ožujku 2010. godine, nakon završetka istraživanja prirasta i preživljavanja, školjkaši s markacijama koji su bili uključeni u analizu prirasta također su analizirani s ciljem determinacije odnosa spolova. Sve jedinke otvorene su presijecanjem glavnog mišića. Spol je utvrđen na temelju makroskopskog izgleda odnosno obojanosti gonada prema Pehada i sur. (2006). Jedinke s vidljivo bjelkastim gonadama određene su kao mužjaci, a jedinke s narančasto-crveno obojenim gonadama kao ženke.

### 3.5.4. Analiza sastava stabilnih izotopa ugljika i dušika

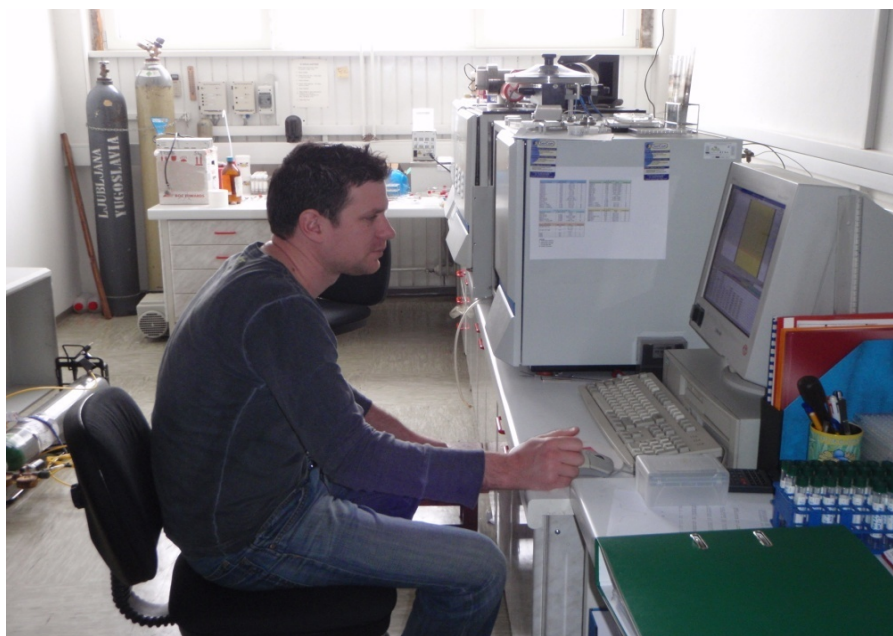
Uzorci kunjke za potrebe analize stabilnih izotopa prikupljeni su u listopadu 2008. godine iz staništa u Pašmanskom kanalu na lokacijama Babac, Komornik, Planac, Sv. Katarina i Neviđane uz upotrebu opreme za autonomno ronjenje. Napravljeno je ukupno 24 uzorka s po 5 – 7 jedinki kunjki prosječne veličine od 4 do 5 cm koji su postavljeni na postajama P<sub>1</sub> i P<sub>2</sub>. Na navedenim postajama postavljeno je po 12 uzorka kunjki (6 za svaki drugi mjesec uzorkovanja i 6 replika za slučaj gubitka uzorka) na dubini od 3 m, dok su na postaji P<sub>p</sub> uzorci uzimani iz prirodnog staništa, također na dubini od oko 3 m. Svaki drugi mjesec, od studenog 2008. do studenog 2009. godine, na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> i P<sub>p</sub> uziman je po jedan uzorak od po 5 komada kunjki. Prikupljeno je ukupno 90 jedinki. Školjkaši su odmah po izlovu otvoreni presjecanjem mišića aduktora. Svakoj jedinki secirani su mišić zatvarač i probavna žlijezda, nakon čega su isprani destiliranom vodom kako bi se uklonili ostaci drugih tkiva. Pripremljena tkiva od po 5 jedinki izmještana su u odvojeni uzorak mišića i probavne žlijezde koji su zaleđeni na –20 °C (Slika 3.21.). Uzorci su svaka dva mjeseca slani na obradu u laboratorij Sveučilišta u Ljubljani. Uzorci pet jedinki prikupljenih u istom mjesecu homogenizirani su u jedan uzorak te osušeni do konstantne težine na 60°C. Nakon sušenja svi su uzorci čuvani na sobnoj temperaturi u liofilizatoru te poslani na konačnu obradu u Institut "Jožef Stefan" u Ljubljani (Slika 3.22.). Analize stabilnih izotopa provedene su na izotopnom mass spektrofotometru Europa 20–20 opremljenim s ANCA SL preparacijskim modulom (PDZ Europa Ltd., UK). Rezultati su izraženi kao  $\delta$  vrijednosti  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u promilima (‰) prema sljedećoj jednažbi:

$$\delta R = [R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1] \times 1000 (\text{‰}),$$

gdje  $R$  predstavlja atomski  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  or  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  udio u uzorku i standardu (atmosferski  $\text{N}_2$  za dušik i VPDB za ugljik). Ukupna analitička preciznost sastava stabilnih izotopa dušika i ugljika bila je unutar  $\pm 0.2\%$ .



**Slika 3.21.** Uzorci seciranog mišića i probavne žlijezde kunjke (*Arca noae*) za potrebe analize stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$



**Slika 3.22.** Mjerenje vrijednosti stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u laboratoriju Instituta "Jožef Stefan" u Ljubljani

### 3.6. Statistička obrada podataka

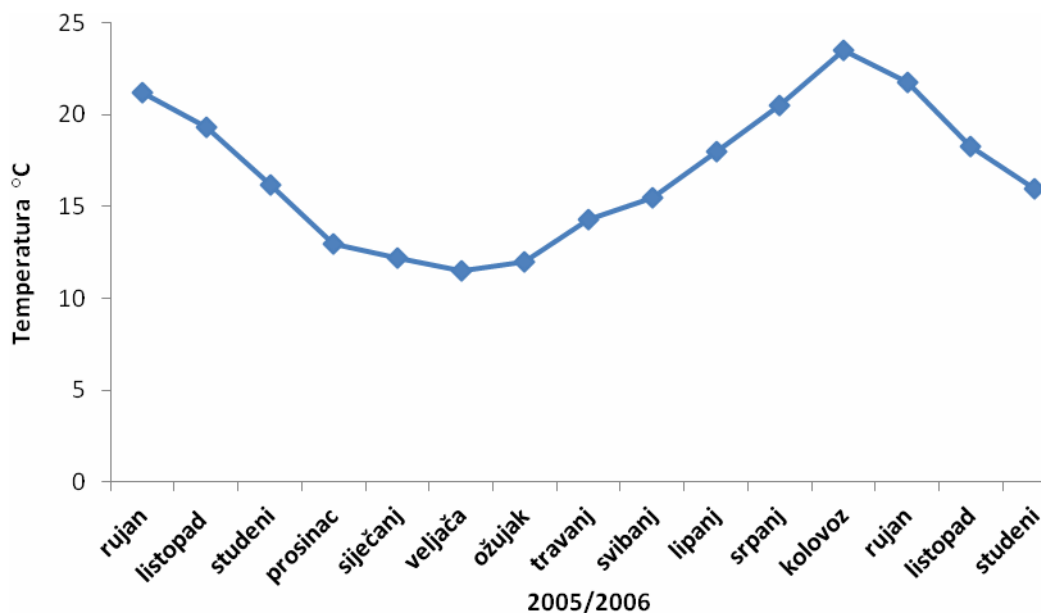
Tijekom istraživanja svi dobiveni rezultati unosili su se korištenjem Microsoft Office Excel 2007 programa. U istom programu za sve prikupljene vrijednosti provedena je deskriptivna statistika uključujući srednju vrijednost, standardnu devijaciju, minimalne te maksimalne vrijednosti. Za testiranje značajnosti razlika koristili su se statistički programi Statistica i SigmaPlot 11.0. Podaci su testirani za homogenost varijanci primjenom Levenovog testa. Sukladno dobivenim rezultatima analiza podataka provodila se parametarskim (ANOVA, Tukey test) odnosno ne-parametarskim (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney) testovima. Za analizu odnosa spolova koristio se chi kvadrat test ( $\chi^2$ ). Svi grafički prikazi napravljeni su korištenjem Microsoft Office Excel 2007 programa. Razlike u sastavu stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  između mišića i probavne žljezde kunjke analizirane su primjenom t-testa. Za analizu sastava stabilnih izotopa s obzirom na period i lokaciju uzorkovanja primjenjena je dvosmjerna ANOVA bez replika.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Fizikalno kemijski parametri

#### 4.1.1. Temperatura

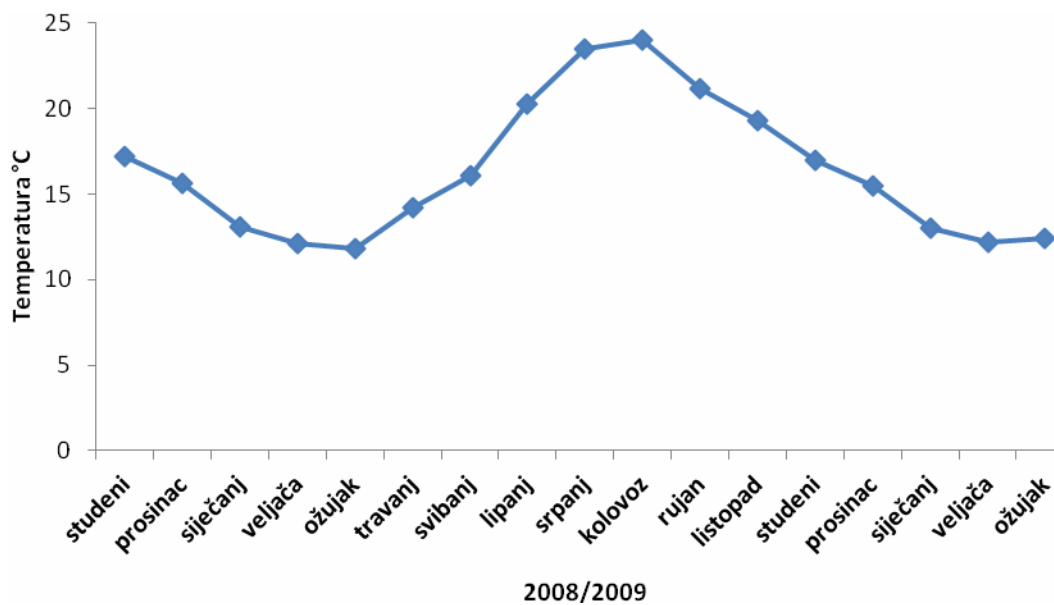
Tijekom prvog perioda istraživanja, u razdoblju od rujna 2005. godine do studenog 2006. godine, vrijednosti temperature na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>0</sub> na dubini od 3 m bile su identične. Na slici 4.1. prikazano je sezonsko kretanje temperature tijekom prvog eksperimenta.



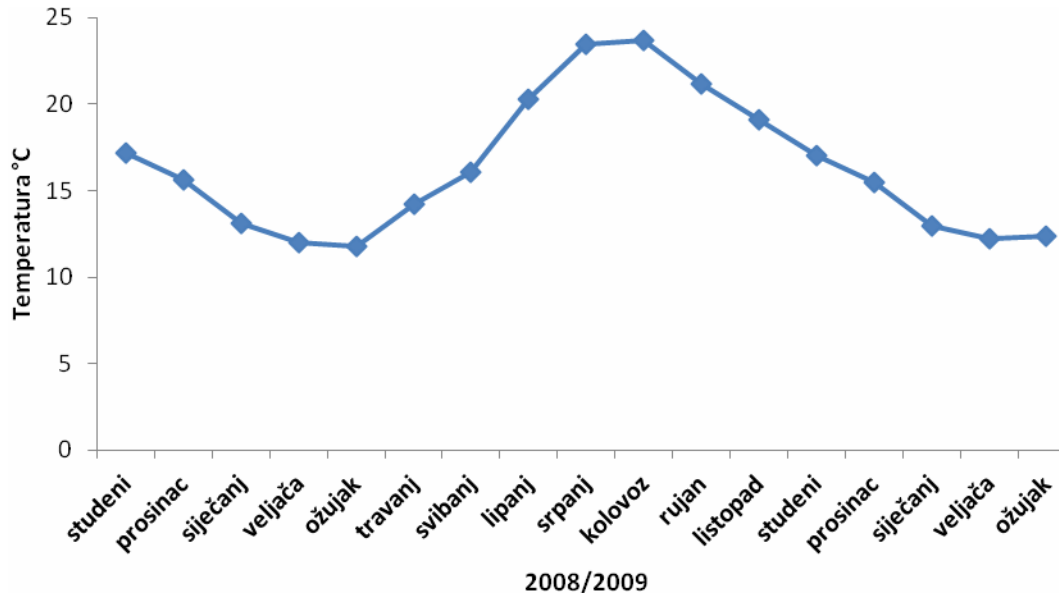
**Slika 4.1.** Sezonsko kretanje temperature tijekom istraživanja rasta i indeksa kondicije dagnje (*Mytilus galloprovincialis*)

Tijekom drugog perioda istraživanja, u razdoblju od studenog 2008. godine do ožujka 2010. godine, vrijednosti temperature na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, i P<sub>p</sub> na dubini od 3 m bile su relativno slične. Na postaji P<sub>1</sub> izmjerena je najniža temperatura od 11,8°C u ožujku 2009. godine, dok je najviša temperatura od 24,0°C izmjerena u kolovozu 2009. godine. Na postaji P<sub>2</sub> najniža

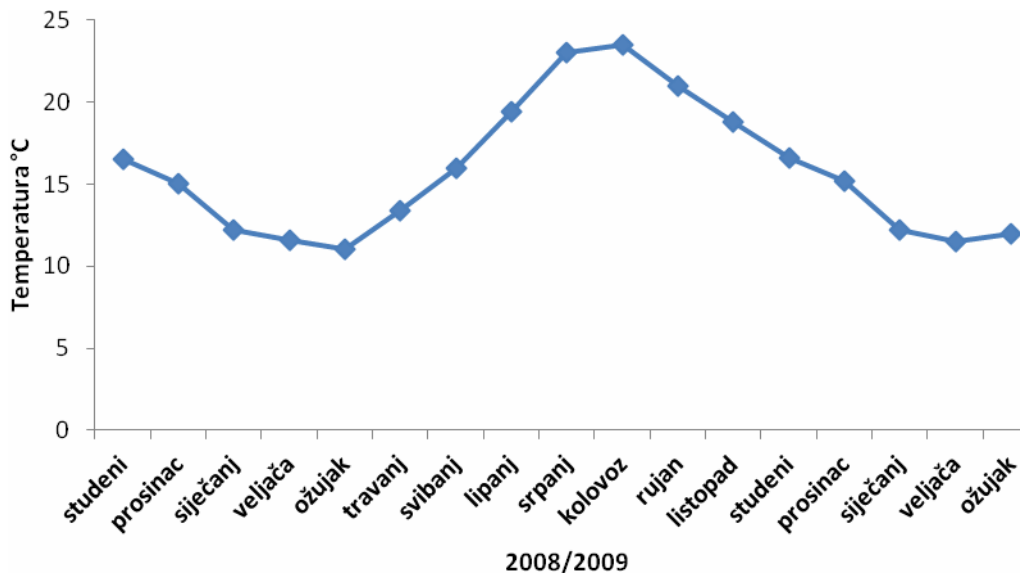
temperatura od 11,8°C izmjerena je također u ožujku 2009. godine, dok je najviša temperatura od 23,7°C izmjerena u kolovozu 2009. godine. Na postaji P<sub>p</sub>, također u ožujku 2009. godine, izmjerena je najniža temperatura od 11,0°C, dok je najviša temperatura u vrijednosti od 23,5°C izmjerena u kolovozu 2009. godine. Na svim postajama uzorkovanja temperatura je bila viša od 20°C u periodu od lipnja do rujna 2009. godine. Temperaturne vrijednosti niže od 15°C zabilježene su u razdoblju od siječnja do travnja 2009. godine, te siječnja do ožujka 2010. godine. Godišnje kolebanje temperature kroz period istraživanja na pojedinim postajama prikazano je na slikama 4.2. – 4.4., a mjesečne vrijednosti temperature prikazane su u tablici 4.1.



**Slika 4.2.** Vrijednosti temperature na postaji P<sub>1</sub> na 3 m dubine kroz razdoblje istraživanja kunjke (*Arca noae*)



**Slika 4.3.** Vrijednosti temperature na postaji P<sub>2</sub> na 3 m dubine kroz razdoblje istraživanja kunjke (*Arca noae*)



**Slika 4.4.** Vrijednosti temperature na postaji P<sub>p</sub> na 3 m dubine kroz razdoblje istraživanja kunjke (*Arca noae*)

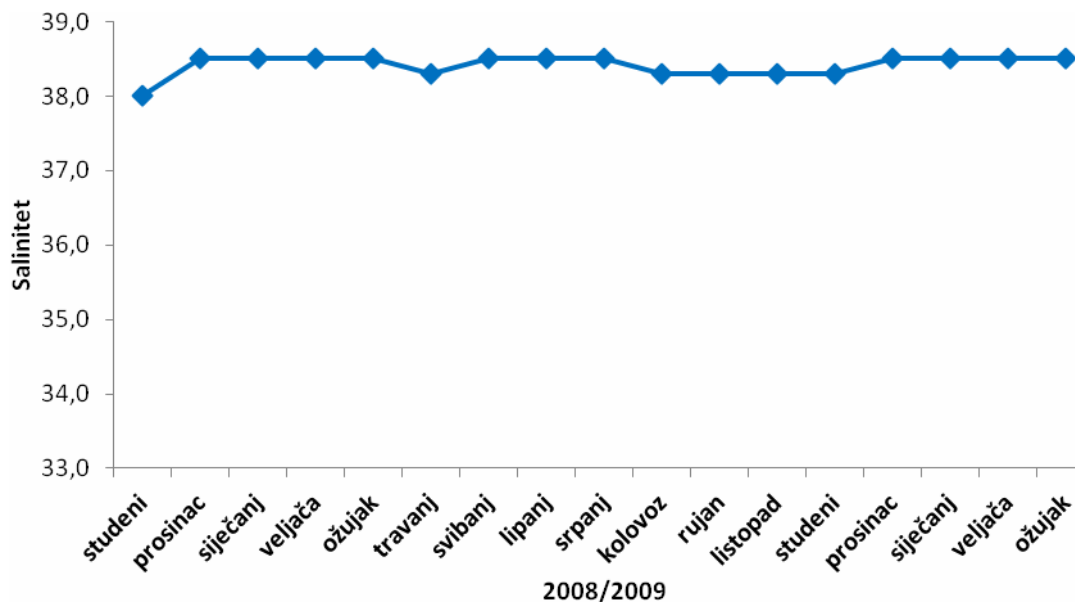


**Tablica 4.1.** Vrijednosti temperature (°C) na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>p</sub> kroz razdoblje istraživanja kunjke (*Arca noae*)

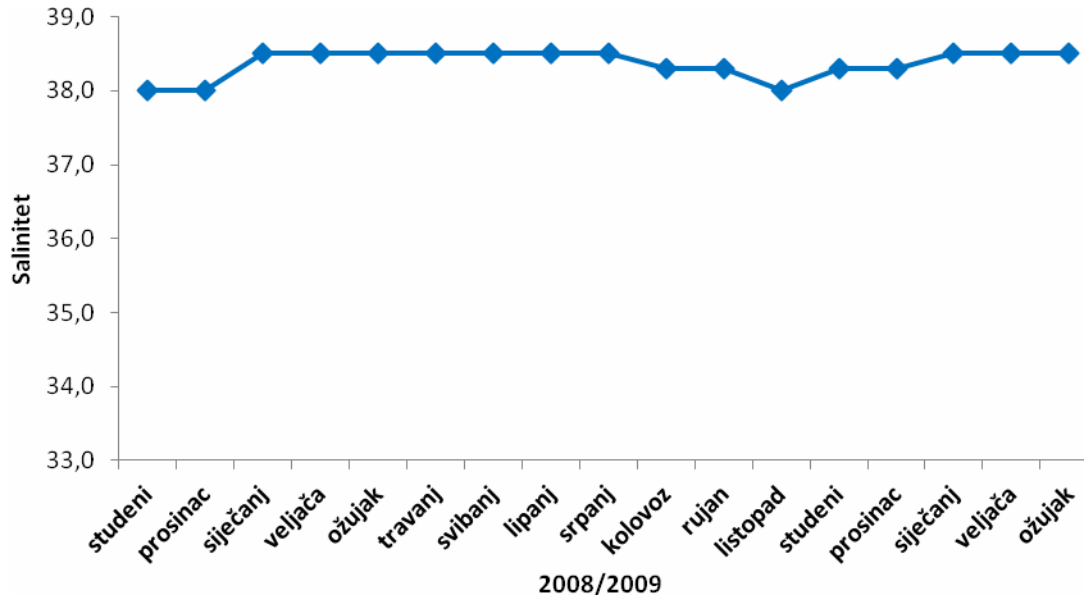
Godina	Mjesec	Postaja		
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>p</sub>
2008	studeni	17,2	17,2	16,5
	prosinac	15,6	15,6	15,0
2009	siječanj	13,1	13,1	12,2
	veljača	12,1	12,0	11,6
	ožujak	11,8	11,8	11,0
	travanj	14,2	14,2	13,4
	svibanj	16,1	16,1	16,0
	lipanj	20,3	20,3	19,4
	srpanj	23,5	23,5	23,0
	kolovoz	24,0	23,7	23,5
	rujan	21,2	21,2	21,0
	listopad	19,3	19,1	18,8
	studeni	17,0	17,5	16,6
	prosinac	15,5	15,5	15,2
2010	siječanj	13,0	13,0	12,2
	veljača	12,2	12,2	11,5
	ožujak	12,4	12,4	12,0

#### 4.1.2. Salinitet

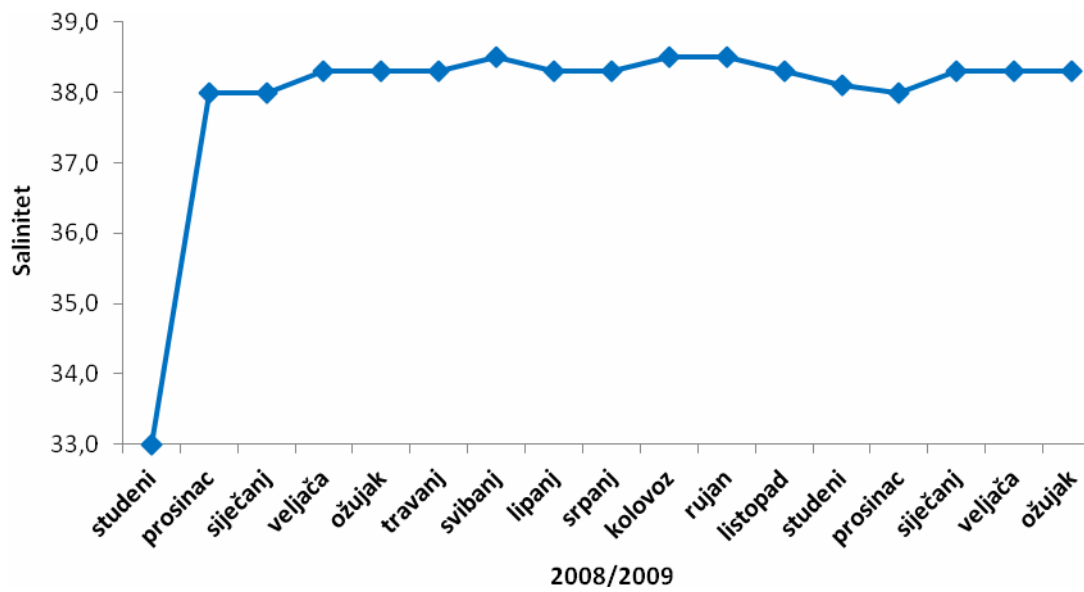
U razdoblju od studenog 2008. godine do ožujka 2010. godine vrijednosti saliniteta na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, i P<sub>p</sub> bile su vrlo slične. Iznimka je vrijednost zabilježena u studenom 2008. godine na postaji P<sub>p</sub> u Pašmanskom kanalu, kada je došlo do značajnijeg pada saliniteta uslijed obilnijih jesenskih kiša. Vrijednosti saliniteta na postajama P<sub>1</sub> i P<sub>2</sub> bile su u rasponu od minimalnog 38,0 do maksimalnog 38,5. Salinitet na postaji P<sub>p</sub> je imao raspon od minimalnih 33,0 do maksimalnih 38,5. Godišnje kolebanje saliniteta kroz period istraživanja na svim postajama prikazano je na slikama 4.5. – 4.7. a mjesečne vrijednosti prikazane su u tablici 4.2.



**Slika 4.5.** Vrijednosti saliniteta na postaji P<sub>1</sub> kroz razdoblje istraživanja kunjke (*Arca noae*)



Slika 4.6. Vrijednosti saliniteta na postaji P<sub>2</sub> kroz razdoblje istraživanja kunjke (*Arca noae*)



Slika 4.7. Vrijednosti saliniteta na postaji P<sub>p</sub> kroz razdoblje istraživanja kunjke (*Arca noae*)

**Tablica 4.2.** Vrijednosti saliniteta na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>p</sub> kroz razdoblje istraživanja kunjke (*Arca noae*)

Godina	Mjesec	Postaja		
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>p</sub>
2008	studeni	38,0	38,0	33,0
	prosinac	38,5	38,0	38,0
2009	siječanj	38,5	38,5	38,0
	veljača	38,5	38,5	38,3
	ožujak	38,5	38,5	38,3
	travanj	38,3	38,5	38,3
	svibanj	38,5	38,5	38,5
	lipanj	38,5	38,5	38,3
	srpanj	38,5	38,5	38,3
	kolovoz	38,3	38,3	38,5
	rujan	38,3	38,3	38,5
	listopad	38,3	38	38,3
	studeni	38,3	38,3	38,1
	prosinac	38,5	38,3	38,0
2010	siječanj	38,5	38,5	38,3
	veljača	38,5	38,5	38,3
	ožujak	38,5	38,5	38,3

### 4.1.3. Zasićenost kisikom

U razdoblju od studenog 2008. do ožujka 2010. godine razina otopljenog kisika mjerena na dubini od 3 m na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, i P<sub>p</sub> bila je vrlo slična i kretala se konstantno iznad 100% zasićenosti. Minimalna vrijednost koncentracije kisika od 100% zasićenosti izmjerena je na postaji P<sub>1</sub> u ljetnom periodu (lipanj, srpanj 2009) kada se na uzgajalištu nalazila najveća biomasa ribe te se provodila i najintenzivnija hranidba, a temperatura mora bila je iznad 20°C. U istom periodu na postajama P<sub>2</sub> i P<sub>p</sub> zasićenost kisikom nije se spuštala ispod 105%. U hladnijem periodu godine, na svim postajama, zasićenost kisikom bila je konstantno iznad 110%, a na postaji P<sub>1</sub> i P<sub>p</sub> u zimskom periodu (veljača, ožujak) zasićenost je iznosila i do 120%. Minimalne i maksimalne vrijednosti zasićenosti kisikom prikazane su u tablici 4.3.

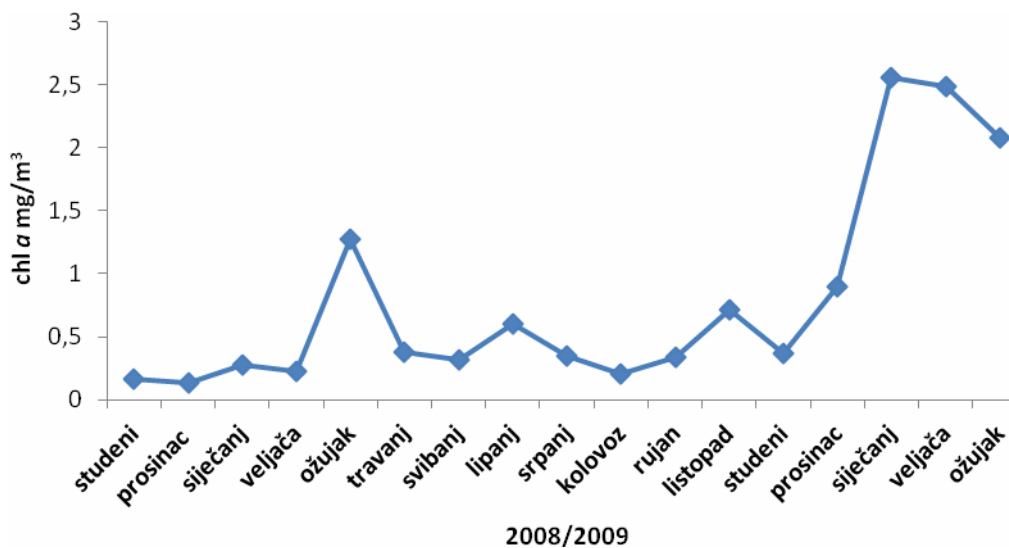
**Tablica 4.3.** Minimalna i maksimalna zasićenost kisikom na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>p</sub> kroz razdoblje istraživanja kunjke (*Arca noae*)

Postaja	Min	Max
P <sub>1</sub>	100%	120%
P <sub>2</sub>	105%	115%
P <sub>p</sub>	105%	120%

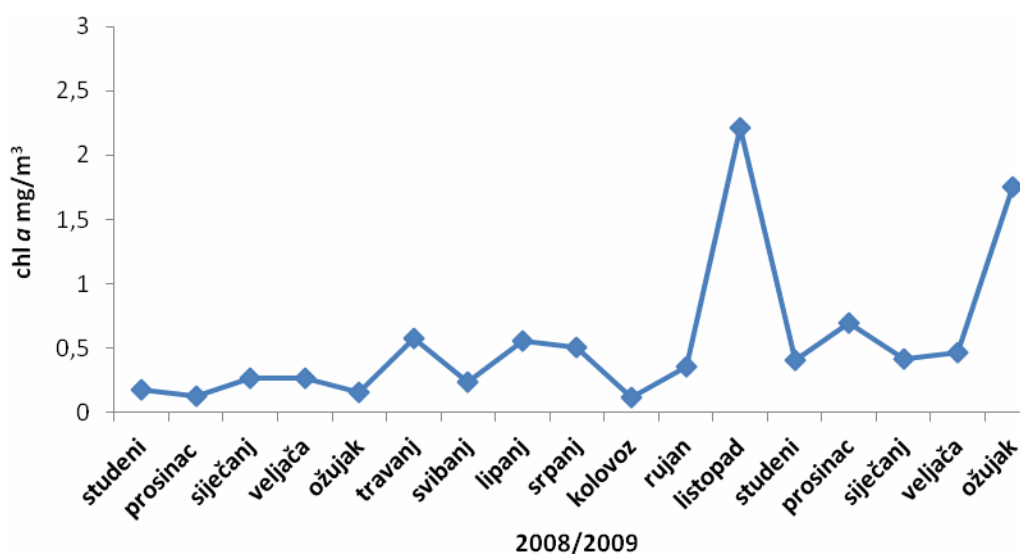
### 4.2. Primarna proizvodnja (klorofil *a*)

U razdoblju od studenog 2008. do ožujka 2010. godine mijenjala se koncentracija klorofila *a* na postajama P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, i P<sub>p</sub>, ali statistički značajna razlika između postaja nije utvrđena (KW test; H=0,707; P=0,702). Na postaji P<sub>1</sub> najniža koncentracija klorofila *a* od 0,13 mg/m<sup>3</sup> izmjerena je u prosincu 2008. godine, a najviša od 2,56 mg/m<sup>3</sup> u siječnju 2010. godine. Na postaji P<sub>2</sub> najniža koncentracija klorofila *a* od 0,12 mg/m<sup>3</sup> izmjerena je u kolovozu 2009. godine, a najviša od 2,21 mg/m<sup>3</sup> u listopadu 2009. godine. Na postaji P<sub>p</sub> zabilježene su nešto niže vrijednosti ovog parametra nego na drugim postajama uzorkovanja. Najniža koncentracija klorofila *a* od 0,10 mg/m<sup>3</sup> izmjerena je u kolovozu 2009. godine, a najviša koncentracija od 1,06

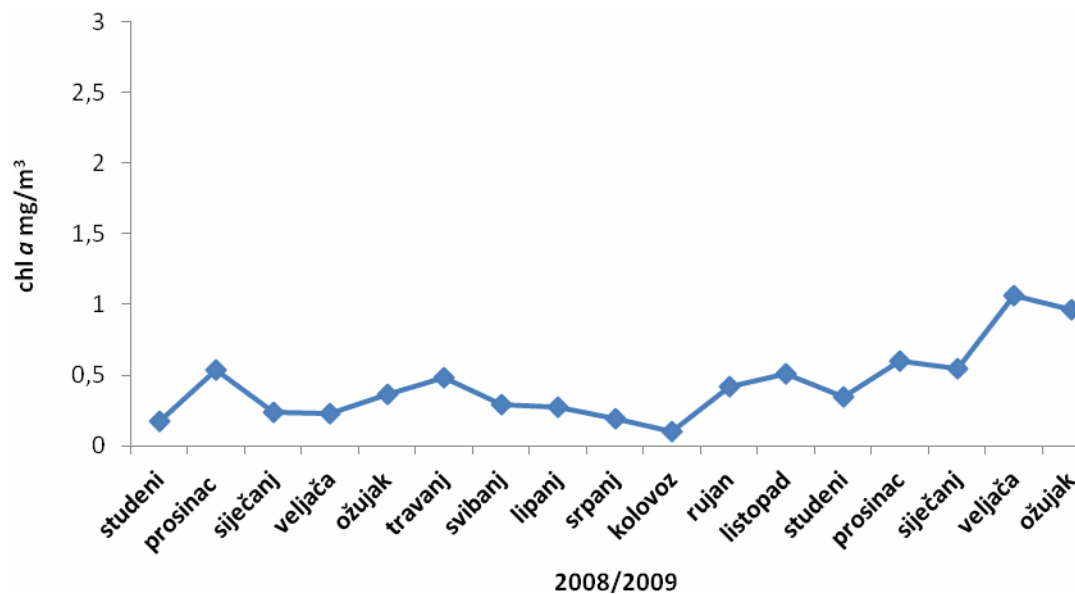
mg/m<sup>3</sup> u veljači 2010. godine. Godišnje kolebanje koncentracije klorofila *a* kroz čitavi period istraživanja na svim postajama prikazano je na slikama 4.8 – 4.10.



**Slika 4.8.** Vrijednosti koncentracije klorofila *a* izražene u mg/m<sup>3</sup> na postaji P<sub>1</sub>



**Slika 4.9.** Vrijednosti koncentracije klorofila *a* izražene u mg/m<sup>3</sup> na postaji P<sub>2</sub>



Slika 4.10. Vrijednosti koncentracije klorofila *a* izražene u mg/m<sup>3</sup> na postaji P<sub>p</sub>

### 4.3. Dagnja (*Mytilus galloprovincialis*)

#### 4.3.1. Preživljavanje i prirast

Ukupno 35 jedinki (11,7%) od početnog broja markiranih školjkaša (N=297) uginulo je tijekom trajanja eksperimenta, najvećim dijelom u periodu do ožujka 2006. godine i najviše na postaji P<sub>0</sub> (N=26 uginulih školjkaša). Na školjkašima na postaji P<sub>0</sub>, koja se nalazila 700 m od uzgajališta i u blizini obale Pašmana, pronađeni su tragovi predacije za koje je utvrđeno da su napravljeni od strane komarče (*Sparus aurata*). Uz to, kod 86 jedinki (29%) došlo je do odljepljivanja i gubitka markacije zbog čega se istima nije mogao nastaviti mjeriti individualni prirast. Nadalje, u studenom 2006. godine na postaji P<sub>2</sub> došlo je do pucanja linijskog konopa na kojem su bili obješeni uzorci dagnje za analizu prirasta i padanja uzoraka na dno, uslijed čega su isti vrlo brzo stradali od strane predatora, komarče (*Sparus aurata*) i volka (*Hexaplex trunculus*). Za analizu prirasta dagnje uključene su samo jedinke koje su preživjele cijeli eksperiment i na kojima su se održale markacije na ljušturi, odnosno ukupno 77 jedinki na postaji P<sub>1</sub>, 56 jedinki

na postaji P<sub>2</sub> te 44 jedinke na postaji P<sub>0</sub>. Broj markiranih jedinki dagnje, broj izgubljenih markacija tijekom istraživanja, ukupni mortalitet i završni broj jedinki za analizu prirasta prikazani su u tablici 4.4, dok je mortalitet školjkaša po mjesecima i postajama, kao i klasifikacija mortaliteta prikazana u tablici 4.5.

**Tablica 4.4.** Broj (N) markiranih dagnji (*Mytilus galloprovincialis*), izgubljenih markacija, ukupni mortalitet i broj jedinki koji su ušli u analizu prirasta

POSTAJA	N MARKIRANIH JEDINKI	N IZGUBLJENIH MARKACIJA	N UKUPNI MORTALITET	N JEDINKI ZA ANALIZU
P <sub>1</sub>	97	16	4	77
P <sub>2</sub>	100	40	60	56
P <sub>0</sub>	100	30	26	44
<b>UKUPNO</b>	297	86	90	176

**Tablica 4.5.** Mortalitet dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) prema mjesecima i postajama uzorkovanja

Godina	2006						
	Mjesec	siječanj	ožujak	svibanj	srpanj	rujan	studeni
P <sub>1</sub>	-	2*	2*	-	-	-	4
P <sub>2</sub>	2*	3*		-	-	55***	60
P <sub>0</sub>	12**	11**	3*	-	-	-	26
<b>UKUPNO</b>	14	16	5	-	-	55	90

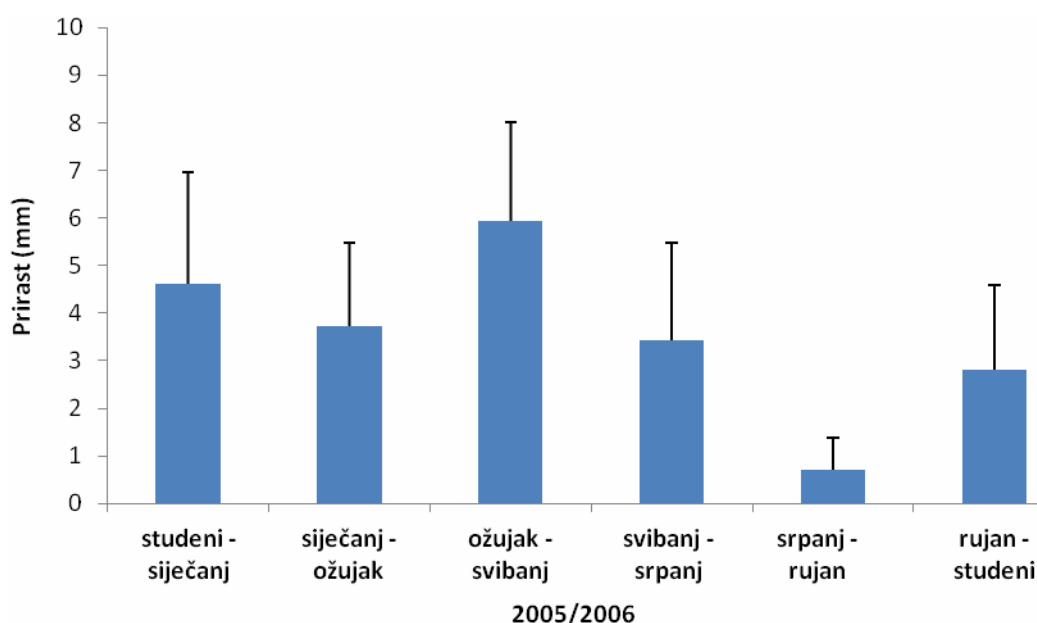
\* = neidentificirani uzrok mortaliteta

\*\* = mortalitet od predacije (*Sparus aurata*)

\*\*\* = mortalitet od predacije (*Sparus aurata* i/ili *Hexaplex trunculus*)

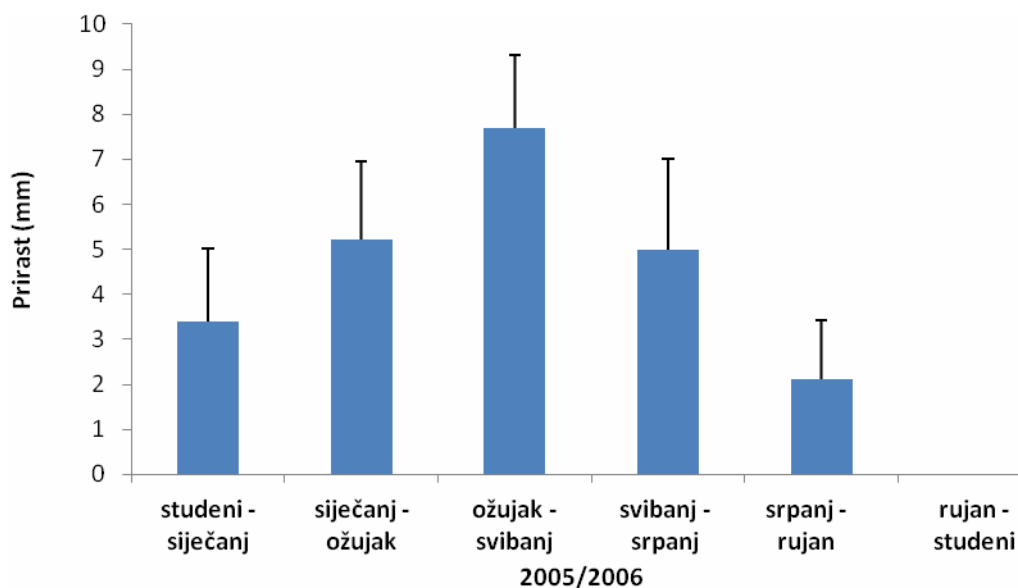


Zabilježena je statistički značajna razlika u prirastu markiranih školjkaša s obzirom na udaljenost uzoraka školjkaša od uzgajališta riba i s obzirom na period godine. Na postaji P<sub>1</sub> najbrži rast zabilježen je u periodu od ožujka do svibnja 2006. godine ( $x=5,92\pm 2,0$  mm), dok je najsporiji rast uočen u periodu od srpnja do rujna 2006. godine ( $x=0,70\pm 0,68$  mm). Općenito, rast od iznad 3 mm/2 mjeseca zabilježen je u periodu od studenog 2005. godine do srpnja 2006. godine, dok je u ostatku godine zabilježen sporiji rast (Slika 4.11). Prirast na postaji P<sub>1</sub> nakon 12 mjeseci istraživanja kretao se u rasponu od 7,9 do 33,9 mm, sa srednjom vrijednosti od  $21,16\pm 5,08$  mm, dok je prosječna izmjerena dužina nakon 12 mjeseci iznosila 60,6 mm.



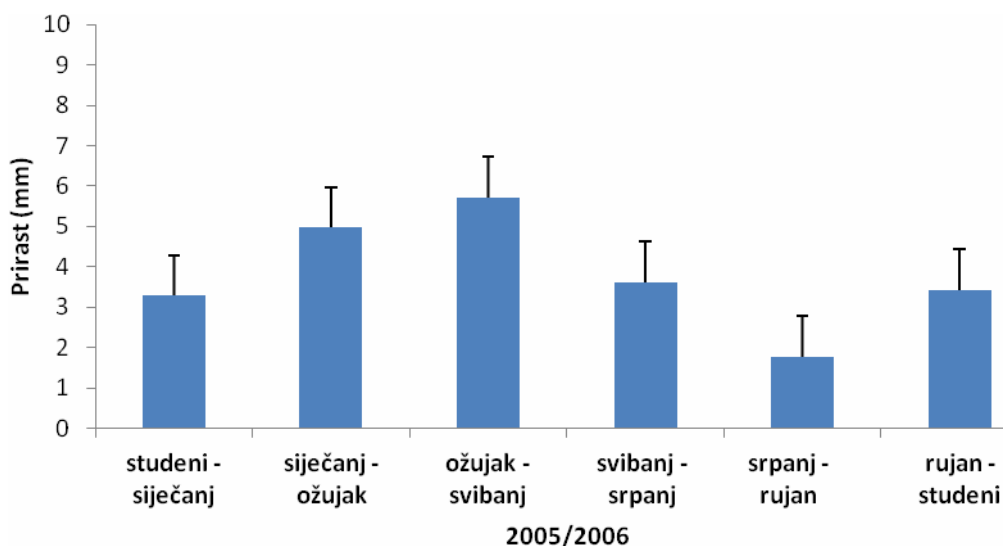
**Slika 4.11.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije prirasta dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) kroz period istraživanja na postaji P<sub>1</sub>

Na postaji P<sub>2</sub> najbrži je rast zabilježen također u periodu od ožujka do svibnja 2006. godine ( $x=7,68\pm 1,63$  mm), dok je najsporiji rast uočen u periodu od srpnja do rujna 2006. godine ( $x=2,12\pm 1,28$  mm). Općenito, u periodu od siječnja do ožujka 2006. godine, prirast dagnji bio je iznad ili vrlo blizu vrijednosti od 5 mm/2 mjeseca, nakon čega je došlo do usporavanja rasta. Na postaji P<sub>2</sub> prirast se zbog potpunog gubitka uzoraka pratio kroz period od 10 mjeseci te je zabilježen raspon od 12,1–34,2 mm, s najvišom srednjom vrijednošću od  $23,46\pm 4,25$  mm, dok je prosječna izmjerena dužina nakon 10 mjeseci iznosila 62,9 mm (Slika 4.12.).



**Slika 4.12.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije prirasta dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) kroz period istraživanja na postaji P<sub>2</sub>

Na postaji P<sub>0</sub> najbrži rast zabilježen je u periodu od ožujka do svibnja 2006. godine ( $\bar{x}=5,72\pm 2,50$  mm), dok je najsporiji rast uočen u periodu od srpnja do rujna 2006. godine ( $\bar{x}=1,78\pm 1,19$  mm). Općenito, prirast u vrijednosti oko 5 mm/2 mjeseca uočen je u periodu od siječnja do svibnja 2006. godine, dok je u ostalom periodu godine bio nešto sporiji (Slika 4.13.). Na postaji P<sub>0</sub> prirast se kretao u rasponu od 7,9–34,2 mm sa srednjom vrijednosti od  $22,61\pm 6,04$  mm, dok je prosječna izmjerena dužina jedinki nakon 10 mjeseci iznosila 62,3 mm.



**Slika 4.13.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije prirasta dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) kroz period istraživanja na postaji P<sub>0</sub>

Uspoređujući samo period od prvih deset mjeseci istraživanja, dok nije došlo do gubitka uzoraka na postaji P<sub>2</sub>, statistički značajno najbrži prirast uočen je kod školjkaša na postaji P<sub>2</sub>, ( $x=23,24\pm 4,54$  mm; N=56), u odnosu na prirast školjkaša na postaji P<sub>1</sub> ( $x=18,37\pm 4,68$  mm; N=77) i P<sub>0</sub>, ( $x=19,38\pm 5,45$  mm; N=44) (ANOVA; Post hoc Tukey test;  $P=<0,001$ ;  $P_1=P_0<P_2$ ). Nakon 12 mjeseci istraživanja, prirast na lokaciji P<sub>1</sub> bio je sličan ( $x=21,19\pm 5,11$ ) prirastu na lokaciji P<sub>0</sub> ( $x=22,82\pm 6,08$ ) te provođenjem T-testa nije utvrđena statistički značajna razlika u rastu na ovim lokacijama ( $P=0,118$ ). Podaci o početnim i završnim dužinama dagnji, kao i o prirastu dagnji prikazani su u tablici 4.6.

**Tablica 4.6.** Srednje vrijednosti ( $x$ ), standardne devijacije (st.dev), minimalne (min) i maksimalne (max) vrijednosti dužina (L) i prirasta ( $\Delta$ ) dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) prema postajama uzorkovanja

Postaja	N	L početni (mm) x±st. dev. (min-max)	L završni (mm) x±st. dev. (min-max)	$\Delta$ L (mm) x±st. dev. (min-max)
P <sub>1</sub>	77	38,93±1,82 (36,0-42,4)	59,87±5,35 (46,9-71,6)	21,19±5,11 (7,9-34,1)
P <sub>2</sub> *	56	39,14±1,61 (35,9-41,8)	62,73±4,20 (52,3-72,2)	23,24±4,54 (12,1-34,2)
P <sub>0</sub>	44	39,60±1,97 (36,0-44,0)	62,09±5,90 (47,4-76,2)	22,82±6,08 (7,9-34,2)

\*mjereno kroz deset mjeseci

S ciljem utvrđivanja sezonske stope rasta, utvrđene su razlike u prirastu u odnosu na period godine i lokaciju. U periodu od studenog 2005. do siječnja 2006. godine utvrđena je statistički značajna razlika u sezonskom prirastu. Školjkaši na lokaciji P<sub>1</sub> rasli su brže u odnosu na lokacije P<sub>2</sub> i P<sub>0</sub> ( $P_2=P_0<P_1$ ,  $P=<0,001$ , Tablica 4.7). U periodu od siječnja do ožujka 2006. godine utvrđena je statistički značajna razlika u prirastu, koji je bio veći na lokacijama P<sub>2</sub> i P<sub>0</sub> u odnosu na P<sub>1</sub> ( $P_2=P_0>P_1$ ,  $P=<0,001$ ). U periodu od ožujka do svibnja 2006. godine utvrđena je statistički značajno viša vrijednost prirasta na lokaciji P<sub>2</sub> u odnosu na lokacije P<sub>1</sub> i P<sub>0</sub> ( $P_1=P_0<P_2$ ;

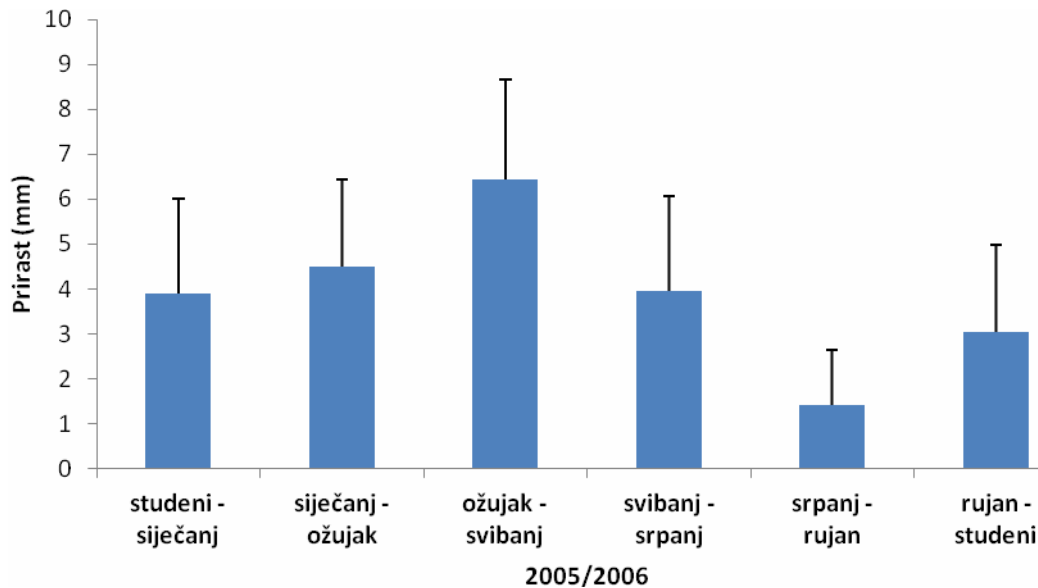
$P < 0,001$ ). U periodu svibanj – srpanj 2006. godine je također utvrđena statistički značajno viša vrijednost prirasta na lokaciji  $P_2$  u odnosu na druge lokacije ( $P_1 = P_0 < P_2$ ;  $P < 0,001$ ). U periodu srpanj – rujan 2006. godine utvrđena je statistički značajno viša vrijednost prirasta na lokacijama  $P_2$  i  $P_0$  u odnosu na  $P_1$  ( $P_2 = P_0 > P_1$ ;  $P < 0,001$ ). U periodu rujan – studeni 2006. godine nije utvrđena statistički značajna razlika u sezonskom prirastu između lokacija  $P_1$  i  $P_0$  ( $P = 0,214$ ). Vrijednosti prirasta i standardne devijacije prirasta u odnosu na period i postaju istraživanja, kao i rezultati post hoc testa prikazani su u tablici 4.7.

**Tablica 4.7.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije prirasta dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) u odnosu na period i postaju istraživanja i rezultati statističke usporedbe s obzirom na period uzorkovanja ANOVA (post hoc Tukey) i Kruskal-Wallis test (post hoc Mann-Whitney test)

Period	$\Delta L$ (mm) $\pm$ St.dev.			ANOVA/KW	Post hoc test
	$P_1$	$P_2$	$P_0$		
<i>studeni 2005</i> <i>siječanj 2006</i>	4,60 $\pm$ 2,35	3,42 $\pm$ 1,65	3,29 $\pm$ 1,89	H = 12,792	$P_2 = P_0 < P_1$
<i>siječanj</i> <i>ožujak 2006</i>	3,73 $\pm$ 1,74	5,22 $\pm$ 1,72	4,96 $\pm$ 2,02	F = 12,727	$P_2 = P_0 > P_1$
<i>ožujak</i> <i>svibanj 2006</i>	5,92 $\pm$ 2,08	7,67 $\pm$ 1,64	5,72 $\pm$ 2,50	H = 24,592	$P_1 = P_0 < P_2$
<i>svibanj</i> <i>srpanj 2006</i>	3,41 $\pm$ 2,07	4,98 $\pm$ 2,03	3,62 $\pm$ 1,86	H = 21,787	$P_1 = P_0 < P_2$
<i>srpanj</i> <i>rujan 2006</i>	0,70 $\pm$ 0,68	2,13 $\pm$ 1,29	1,78 $\pm$ 1,19	H = 53,662	$P_2 = P_0 > P_1$
<i>rujan*</i> <i>studeni 2006</i>	2,81 $\pm$ 1,76	---	3,43 $\pm$ 2,21	*nz	---

\*T Test između  $P_1$  i  $P_0$ , nz = nije značajno

S ciljem utvrđivanja sezonske stope rasta dagnje, statistički su analizirani i svi uzorci zajedno. Provođenjem Kruskal-Wallis analize varijance utvrđena je statistički značajna razlika u prirastu školjkaša s obzirom na period godine ( $H=369,687$ ;  $P=<0,001$ ). Najbrža sezonska stopa rasta zabilježena je u periodu od ožujka do svibnja 2006. godine ( $x=6,43\pm 2,23$  mm/2 mjeseca,  $N=177$ ), dok je najmanji prirast uočena u periodu od srpnja do rujna 2006. godine ( $x=1,42\pm 1,21$  mm/2 mjeseca,  $N=177$ ) (Slika 4.14.)



**Slika 4.14.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije sezonskog prirasta dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) kod svih uzoraka zajedno

#### 4.3.2. Indeks kondicije

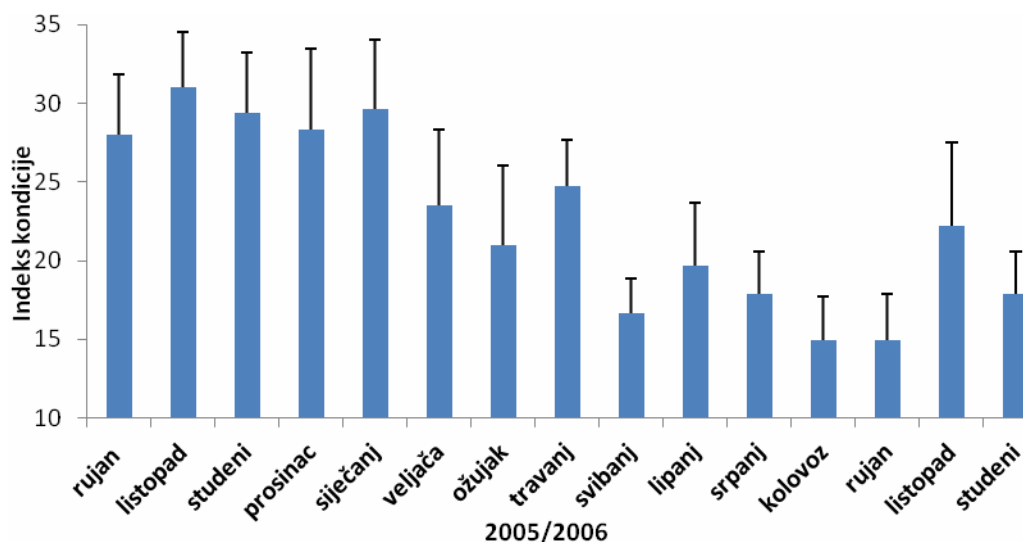
Tijekom istraživanja zabilježene su statistički značajne razlike u vrijednosti indeksa kondicije dagnje s obzirom na lokaciju odnosno udaljenost od uzgajališta riba, kao i na period uzorkovanja. Ukupno gledajući, najviša vrijednost indeksa kondicije zabilježena je u listopadu 2005. godine na postaji  $P_1$ , dok je najniža vrijednost izmjerena u ožujku 2006. godine na postaji  $P_0$  ( $x=11,30\pm 1,70$ ). Srednje vrijednosti i standardne devijacije indeksa kondicije na svim postajama prikazane su u tablici 4.8.

Na postaji  $P_1$  najviša mjesečna srednja vrijednost indeksa kondicije zabilježena je u listopadu 2005. godine ( $x=31,0\pm 3,5$ ) dok su najmanje srednje vrijednosti izmjerene u kolovozu i rujnu 2006. godine ( $x=15,0\pm 2,7$  i  $x=15,0\pm 2,9$ ). Općenito, više vrijednosti indeksa kondicije (raspon 28,00 – 31,00) zabilježene su u prvim mjesecima istraživanja, od rujna 2005. godine do

siječnja 2006. godine. U periodu od veljače do lipnja 2006. godine zabilježene su nešto niže vrijednosti indeksa kondicije (raspon 16,7 – 23,5) dok su najniže vrijednosti izmjerene pri kraju razdoblja istraživanja, u periodu od srpnja do studenog 2006. godine (raspon 15,0 – 22,2) (Slika 4.15).

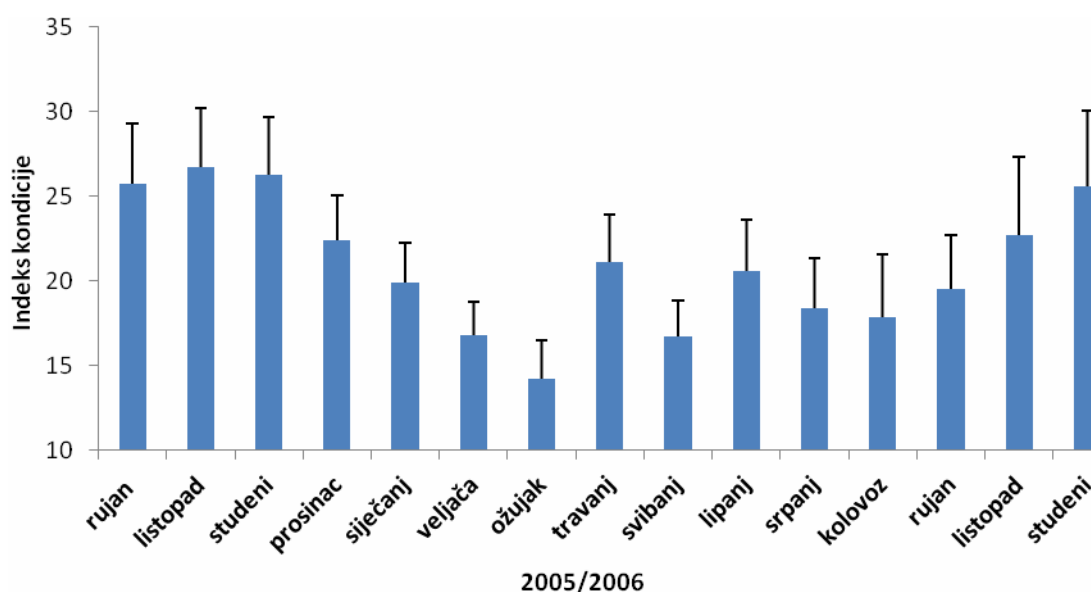
**Tablica 4.8.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije indeksa kondicije dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) prema postajama i mjesecu istraživanja

Godina	Mjesec	Postaja		
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub>
2005	rujan	28,0±3,8	25,7±3,5	25,5±3,6
	listopad	31,0±3,5	26,7±3,5	24,1±3,4
	studen	29,4±3,8	26,2±3,4	27,4±4,0
	prosinac	28,3±5,0	22,3±2,6	21,3±2,1
2006	siječanj	29,7±4,4	19,8±2,4	21,7±2,6
	veljača	23,5±4,8	16,8±1,9	24,2±3,8
	ožujak	21,0±5,1	14,2±2,2	11,3±1,7
	travanj	24,7±3,0	21,1±2,8	22,4±2,7
	svibanj	16,7±2,2	16,7±2,1	15,3±2,3
	lipanj	19,7±4,0	20,6±3,0	20,6±3,6
	srpanj	17,9±2,7	18,4±2,9	18,9±3,2
	kolovoz	15,0±2,7	17,8±3,7	16,8±2,4
	rujan	15,0±2,9	19,5±3,2	16,3±3,3
	listopad	22,2±5,3	22,7±4,6	23,4±3,3
	studen	17,9±2,6	25,5±4,4	26,0±4,6



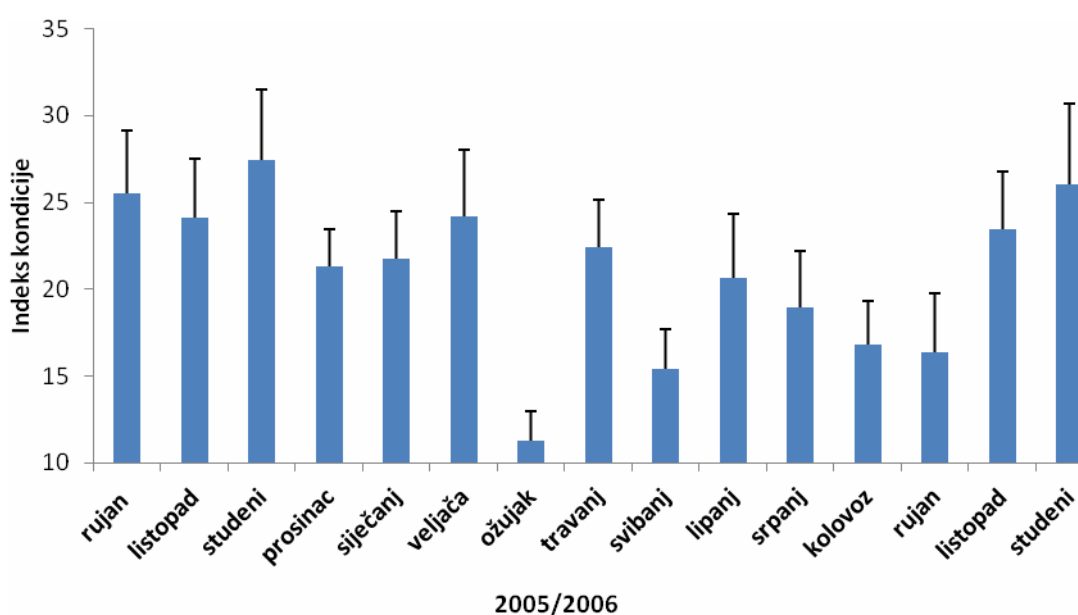
**Slika 4.15.** Srednja vrijednost i standardna devijacija indeksa kondicije dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) kroz period istraživanja na postaji P<sub>1</sub>

Na postaji P<sub>2</sub> najviša srednja vrijednost indeksa kondicije zabilježena je u studenom 2005. godine ( $x=26,24\pm3,44$ ), dok je najmanja srednja vrijednost izmjerena u ožujku 2006. godine ( $x=14,24\pm2,22$ ). Općenito, više vrijednosti indeksa kondicije (raspon 22,38 – 26,37) zabilježene su u periodu od rujna do prosinca 2005. godine, te u listopadu i studenom 2006. godine (raspon 22,7 – 25,5), dok su niže vrijednosti indeksa kondicije zabilježene u periodu od siječnja do rujna 2006. godine (raspon 14,24 – 21,14) (Slika 4.16).



**Slika 4.16.** Srednja vrijednost i standardna devijacija indeksa kondicije dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) kroz period istraživanja na postaji P<sub>2</sub>

Na postaji P<sub>0</sub> najviša srednja vrijednost indeksa kondicije zabilježena je u studenom 2005. godine ( $x=27,14\pm 4,07$ ), dok je najmanja srednja vrijednost izmjerena u ožujku 2006. godine ( $x=11,30\pm 1,70$ ). Općenito, povišene vrijednosti indeksa kondicije zabilježene su u periodu od rujna do studenog 2005. godine (raspon 25,5 – 27,4), te u listopadu i studenom 2006. godine (raspon 23,46 – 26,03) dok su niže vrijednosti indeksa kondicije zabilježene u periodu od prosinca 2005. godine do rujna 2006. godine (raspon 11,3 – 22,39), osim u veljači 2006. godine kada je indeks kondicije bio nešto viši (24,20) (Slika 4.17).



**Slika 4.17.** Srednja vrijednost i standardna devijacija indeksa kondicije dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) kroz period istraživanja na postaji P<sub>0</sub>

Zabilježena je statistički značajna razlika u izmjerenim vrijednostima indeksa kondicije na različitim postajama u istom periodu uzorkovanja. Statistički značajne razlike u vrijednosti indeksa kondicije zabilježene su u svim mjesecima osim u lipnju, srpnju i listopadu 2006. godine. U periodu od rujna 2005. do travnja 2006. godine, školjkaši s postaje P<sub>1</sub> imali su statistički značajno višu vrijednost indeksa kondicije u odnosu na one s postaje P<sub>2</sub> i P<sub>0</sub>. Izuzetak je veljača 2006. godine kada su dagnje s postaja P<sub>1</sub> i P<sub>0</sub> imale podjednake vrijednosti indeksa kondicije, ali je izmjerena statistički značajno viša vrijednost indeksa kondicije u odnosu na postaju P<sub>2</sub>. U svibnju, kolovozu i rujnu 2006. godine školjkaši s postaje P<sub>2</sub> imali su najviše izmjerene vrijednosti indeksa kondicije. U studenom 2006. godine školjkaši s postaja P<sub>2</sub> i P<sub>0</sub>



imali su podjednake vrijednosti indeksa kondicije, ali statistički značajno više u odnosu na školjkaše s postaje P<sub>1</sub>. U lipnju, srpnju i listopadu 2006. godine nije uočena statistički značajna razlika u izmjerenim vrijednostima indeksa kondicije na svim postajama. Rezultati analize vrijednosti indeksa kondicije po mjesecima prikazani su u tablici 4.9.

**Tablica 4.9.** Analiza indeksa kondicije dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) prema periodu uzorkovanja. ANOVA (post hoc Tukey) i Kruskal-Wallis test (post hoc Mann-Whitney test)

GODINA	MJESEC	ANOVA/KW	Post hoc usporedba
	rujan	F=4,30*	P <sub>1</sub> >P <sub>2</sub> =P <sub>0</sub>
	listopad	F=30,09***	P <sub>1</sub> >P <sub>2</sub> =P <sub>0</sub>
	studeni	F=5,13**	P <sub>1</sub> > <sub>2</sub> ,P <sub>2</sub> =P <sub>0</sub> ,P <sub>1</sub> =P <sub>0</sub>
	prosinac	H=31,57***	P <sub>1</sub> >P <sub>2</sub> =P <sub>0</sub>
2006	siječanj	F=69,82***	P <sub>1</sub> >P <sub>2</sub> =P <sub>0</sub>
	veljača	H=44,63***	P <sub>1</sub> =P <sub>0</sub> >P <sub>2</sub>
	ožujak	H=59,76***	P <sub>1</sub> >P <sub>2</sub> >P <sub>0</sub>
	travanj	F=12,42***	P <sub>1</sub> >P <sub>2</sub> =P <sub>0</sub>
	svibanj	F=3,79*	P <sub>2</sub> >P <sub>0</sub> ,P <sub>1</sub> =P <sub>2</sub> ,P <sub>1</sub> =P <sub>0</sub>
	lipanj	F=0,72 nz	-
	srpanj	F=0,98 nz	-
	kolovoz	F=6,83**	P <sub>2</sub> >P <sub>1</sub> ,P <sub>2</sub> =P <sub>0</sub> ,P <sub>1</sub> =P <sub>0</sub>
	rujan	F=16,08***	P <sub>2</sub> >P <sub>1</sub> =P <sub>0</sub>
	listopad	F=0,60 nz	-
studeni	F=43,47***	P <sub>2</sub> =P <sub>0</sub> >P <sub>1</sub>	

\* < 0,05

\*\* < 0,01

\*\*\* < 0,001

nz – nije značajno

#### 4.4. Kunjka (*Arca noae*)

##### 4.4.1. Preživljavanje i prirast

Prirast kunjke na tri postaje istraživao je u dva navrata – tijekom prvog i drugog eksperimenta. Prvi eksperiment proveden je u periodu od mjeseca studenog 2008. godine do ožujka 2009. godine. Od početnog broja školjkaša (N=491) u ovom eksperimentu samo je 99 jedinki (20,1%) preživjelo čitavi eksperiment, što je onemogućilo detaljniju statističku obradu podataka. Ukupno su uginule 392 jedinke kunjki kroz čitavi period eksperimenta, dok je kod 25 jedinki došlo do gubitka markacije. Tako je na postaji P<sub>1</sub> preživjelo 36 (29,2%), na postaji P<sub>2</sub> 56 (45,9%), a na postaji P<sub>p</sub> samo 7 (3,0%) jedinki. Najveći mortalitet zabilježen je u prva tri mjeseca istraživanja – od studenog 2008. godine do siječnja 2009. godine, i to čak 67,6% (265 jedinki) od ukupnog mortaliteta. Na postaji P<sub>p</sub> je zbog predacije od strane volka (*Hexaplex trunculus*) zabilježen mortalitet od 75% već u prvom tromjesečnom periodu. Također, najvjerojatnije zbog predacije od strane volka (*H. trunculus*), došlo je i do potpunog gubitka uzoraka na postaji P<sub>p</sub> u prosincu 2009. godine i na postaji P<sub>2</sub> u ožujku 2010. godine. Najmanji mortalitet zabilježen je u ljetnom periodu od lipnja do rujna 2009. godine, kada su uginule samo dvije jedinke na postaji P<sub>p</sub>. Utvrđene su statistički značajno manje dužine kod jedinki koje su uginule tijekom prvog eksperimenta ( $x=50,1\pm 10,4$  mm) u odnosu na one koje su preživjele ( $x=56,5\pm 8,6$  mm) cijeli period istraživanja (Mann-Whitney test;  $P<0,001$ ). Podaci o mortalitetu na svim postajama u različitim periodima prvog istraživanja prikazani su u tablici 4.10.

**Tablica 4.10.** Broj uginulih jedinki kunjke (*Arca noae*) prema postajama i mjesecu uzorkovanja i završni broj jedinki u prvom eksperimentu

Godina	2009				2010	UKUPNO	ZAVRŠNI BROJ
	siječanj	lipanj	rujan	prosinac	ožujak		
P <sub>1</sub>	47	15	0	17	8	87	36
P <sub>2</sub>	32	8	0	17	9	66	56
P <sub>p</sub>	186	13	2	38	0	239	7
UKUPNO	265	36	2	72	17	392	99

U periodu od studenog 2008. godine do ožujka 2009. godine kod preživjelih jedinki kunjke izmjeren je prirast u rasponu od 0,1 do 7,0 mm, dok se srednja dužina izmjerenih školjkaša na kraju istraživanja kretala u rasponu od 43,3 do 83,1 mm. Tako je na postaji P<sub>1</sub> minimalni prirast iznosio 0,2 mm, a maksimalni 7,0 mm sa srednjom vrijednosti od 1,97 mm. Minimalna završna dužina jedinke na postaji P<sub>1</sub> bila je 46,0 mm, a maksimalna 76,8 mm, sa srednjom izmjerenom dužinom od 57,31 mm. Na postaji P<sub>2</sub> prirast se kretao od stagnacije do 12,5 mm, dok je srednja vrijednost prirasta iznosila 1,99 mm. Minimalna završna dužina jedinke na postaji P<sub>2</sub> bila je 43,3 mm, a maksimalna 83,1 mm, sa srednjom izmjerenom dužinom od 55,48 mm. Na postaji P<sub>p</sub> raspon prirasta kretao se od 0,2 mm do 1,0 mm, sa srednjom vrijednosti od 0,67 mm. Minimalna završna dužina jedinke na ovoj postaji bila je 47,9 mm, a maksimalna 80,0 mm, sa srednjom izmjerenom dužinom od 61,30 mm. Srednje vrijednosti, standardne devijacije, minimalne i maksimalne vrijednosti dužina i prirasta školjkaša u uzorku na početku i na kraju istraživanja, prikazane su u tablici 4.11.

**Tablica 4.11.** Srednje vrijednosti ( $\bar{x}$ ), standardne devijacije (st.dev), minimalne i maksimalne vrijednosti dužina (L) i prirasta ( $\Delta$ ) kunjke (*Arca noae*) na početku i na kraju prvog istraživanja

<b>Postaja</b>	<b>N</b>	<b>L početni (mm)</b> <b><math>\bar{x} \pm \text{st. dev.}</math></b> <b>(min-max)</b>	<b>L završni (mm)</b> <b><math>\bar{x} \pm \text{st. dev.}</math></b> <b>(min-max)</b>	<b><math>\Delta L</math> (mm)</b> <b><math>\bar{x} \pm \text{st. dev.}</math></b> <b>(min-max)</b>
<b>P<sub>1</sub></b>	36	55,47±7,47 (42,6-75,2)	57,31±7,54 (46,0-76,8)	1,97±1,77 (0,2-7,0)
<b>P<sub>2</sub></b>	56	53,63±9,61 (31,4-83,1)	55,48±8,88 (43,3-83,1)	1,99±1,83 (0-12,5)
<b>P<sub>p</sub></b>	7	60,80±10,84 (46,9-79,8)	61,3±10,86 (47,9-80,0)	0,67±0,27 (0,2-1,0)

Slični rezultati u preživljavanju zabilježeni su i u drugom eksperimentu provedenom u periodu od ožujka 2009. godine do ožujka 2010. godine. Od početnog broja (N=379) samo 78 (20,5%) jedinki preživjelo je čitavi eksperiment. Tako je na postaji P<sub>1</sub> preživjelo 37 (28,4%), na postaji P<sub>2</sub> 24 (19,6%), a na postaji P<sub>p</sub> samo 18 (13%) školjkaša. Najveći mortalitet (42,1% od ukupnog mortaliteta) ponovno je zabilježen u prva tri mjeseca istraživanja, odnosno do prvog

mjerenja u lipnju 2009. godine. Utvrđene su statistički značajno manje vrijednosti dužina kod jedinki koje su uginule tijekom drugog eksperimenta ( $x=43,8\pm 12,1$  mm) u odnosu na one koje su preživjele ( $x=53,7\pm 10,3$  mm) cijeli period istraživanja (Mann-Whitney test;  $P=<0,001$ ). Podaci o mortalitetu na svim postajama u različitim periodima drugog istraživanja prikazani su u tablici 4.12.

**Tablica 4.12.** Broj uginulih jedinki kunjke (*Arca noae*) prema postajama i mjesecu uzorkovanja i završni broj jedinki u drugom eksperimentu

Godina	2009			2010	UKUPNO	ZAVRŠNI BROJ
	lipanj	rujan	prosinač	ožujak		
<b>P<sub>1</sub></b>	37	22	27	7	93	37
<b>P<sub>2</sub></b>	42	20	25	11	98	24
<b>P<sub>p</sub></b>	48	13	52	1	114	18
<b>UKUPNO</b>	127	55	104	19	305	78

U drugom eksperimentu kod preživjelih jedinki kunjke izmjeren je prirast u rasponu od 0 - 10,1 mm, dok se srednja dužina izmjerenih školjkaša na kraju istraživanja kretala u rasponu od 24,6 mm - 81,1 mm. Na postaji P<sub>1</sub> minimalni prirast iznosio je 0,1 mm, a maksimalni 10,1 mm sa srednjom vrijednosti od 2,53 mm. Minimalna završna dužina jedinke na postaji P<sub>1</sub> bila je 24,6 mm, a maksimalna 72,4 mm, sa srednjom dužinom od 49,75 mm. Na postaji P<sub>2</sub> prirast se kretao od nul-prirasta (0 mm), do maksimuma od 5,5 mm, dok je srednja vrijednost prirasta iznosila 1,06 mm. Minimalna završna dužina jedinke na postaji P<sub>2</sub> bila je 42,9 mm, a maksimalna 80,2 mm, sa srednjom izmjerenom dužinom od 56,36 mm. Na postaji P<sub>p</sub> raspon prirasta kretao se od minimalnih 0,2 mm do maksimalnih 4,7 mm, sa srednjom vrijednosti od 1,37 mm. Minimalna završna dužina jedinke na postaji P<sub>p</sub> bila je 46,4 mm, a maksimalna 81,1 mm, sa srednjom izmjerenom dužinom od 57,49 mm. Srednje vrijednosti, standardne devijacije, minimalne i maksimalne vrijednosti dužina i prirasta kunjke na početku i na kraju drugog istraživanja, prikazane su u tablici 4.13.

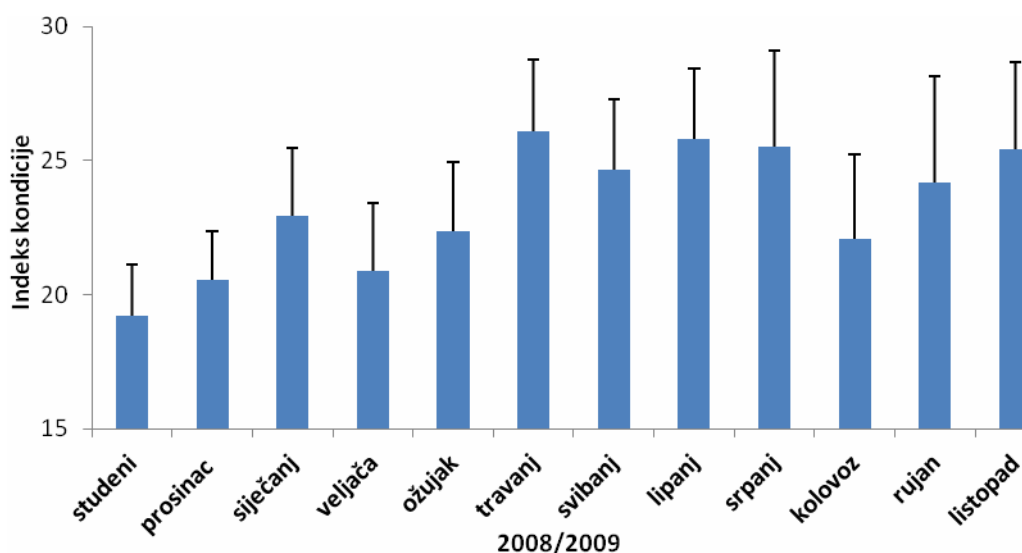
**Tablica 4.13.** Srednje vrijednosti ( $\bar{x}$ ), standardne devijacije (st.dev), minimalne (min) i maksimalne (max) vrijednosti dužina (L) i prirasta ( $\Delta$ ) kunjke (*Arca noae*) na početku i na kraju drugog istraživanja

Postaja	N	L početni (mm)	L završni (mm)	$\Delta$ L (mm)
		$\bar{x} \pm \text{st.dev.}$ (min-max)	$\bar{x} \pm \text{st.dev.}$ (min-max)	$\bar{x} \pm \text{st.dev.}$ (min-max)
P <sub>1</sub>	37	47,22±13,40 (16,5-67,2)	49,75±11,52 (24,6-72,4)	2,53±2,98 (0,1-10,1)
P <sub>2</sub>	24	55,35±8,50 (41,3-79,9)	56,36±8,48 (42,9-80,2)	1,06±1,23 (0,0-5,5)
P <sub>p</sub>	18	56,18±9,65 (44,9-80,8)	57,49±9,07 (46,4-81,1)	1,31±1,21 (0,2-4,7)

#### 4.4.2. Indeks kondicije

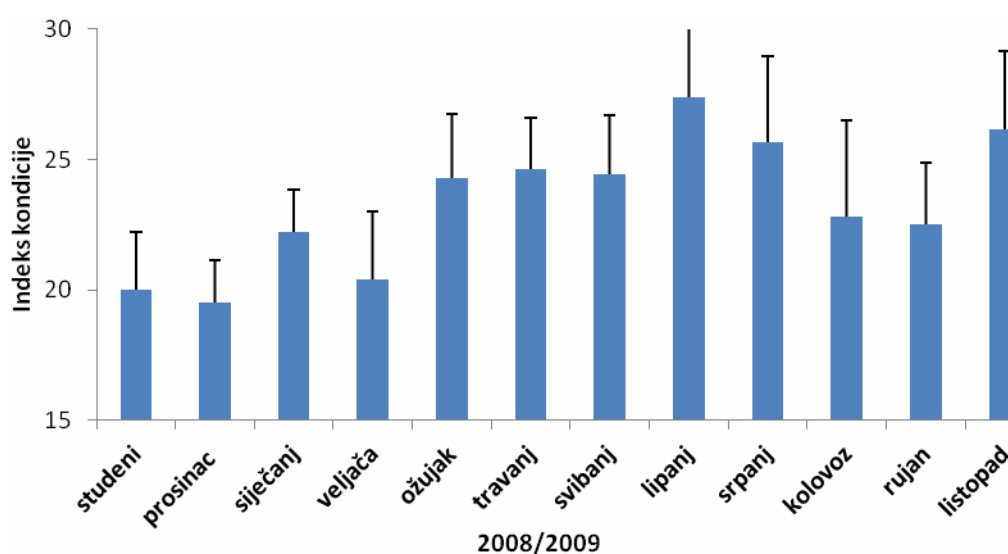
U razdoblju od studenog 2008. godine do listopada 2009. godine zabilježene su statistički značajne razlike vrijednosti indeksa kondicije kunjke s obzirom na lokaciju i period uzorkovanja. Statistički značajne razlike u vrijednosti indeksa kondicije zabilježene su u prosincu 2008. godine, te veljači, ožujku, travnju, lipnju i srpnju 2009. godine.

Ukupno gledajući, raspon izmjerenih vrijednosti indeksa kondicije kretao se od 18,79 (postaja P<sub>p</sub> u prosincu 2008.) do 27,37 (postaja P<sub>2</sub> u lipnju 2009.). Na postaji P<sub>1</sub> najviša vrijednost indeksa kondicije izmjerena je u travnju 2009. godine ( $\bar{x}=26,11 \pm 2,67$ ), dok je najniža vrijednost zabilježena u studenom 2008. godine ( $\bar{x}=19,21 \pm 1,90$ ). Općenito, povišena vrijednost indeksa kondicije zabilježena je u periodu od travnja do listopada 2009. godine (raspon 24,17 – 26,11), s izuzetkom uzoraka prikupljenih u kolovozu kada je došlo do manjeg pada vrijednosti ( $\bar{x}=22,06$ ). U periodu od studenog 2008. do ožujka 2009. godine, vrijednost indeksa kondicije bila je nešto niža (raspon 19,21 – 22,93) (Slika 4.18).



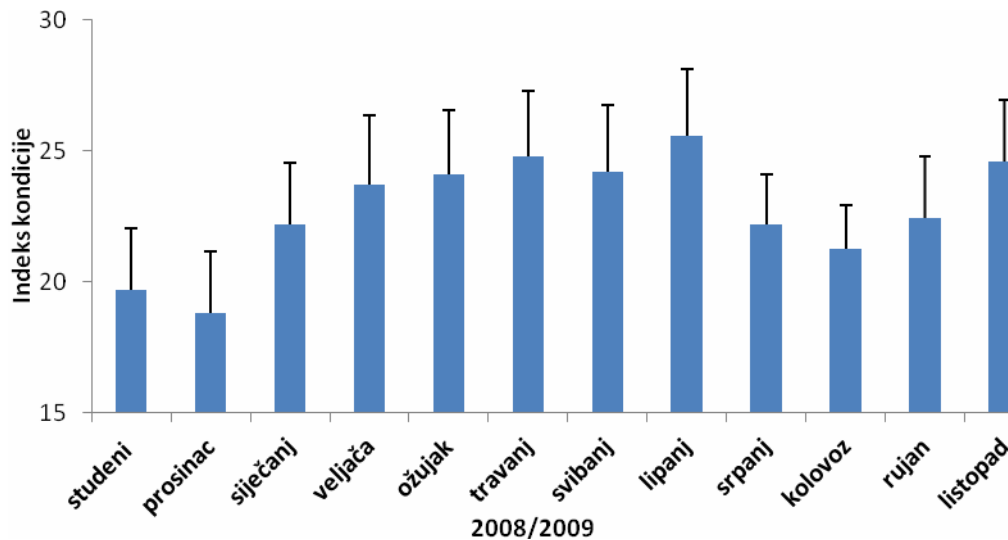
**Slika 4.18.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije indeksa kondicije kunjke (*Arca noae*) kroz period istraživanja na postaji P<sub>1</sub>

Na postaji P<sub>2</sub> najviša vrijednost indeksa kondicije izmjerena je u lipnju 2009. godine ( $x=27,36\pm 2,65$ ), dok je najniža vrijednost zabilježena u prosincu 2008. godine ( $x=19,49\pm 1,63$ ). Općenito, povišene vrijednosti indeksa kondicije zabilježene su u toplijem dijelu godine, u periodu od ožujka do listopada 2009. godine (raspon 24,27 – 27,36), osim u kolovozu i rujnu kada je došlo do manjeg pada vrijednosti (22,52 – 22,78). U hladnijem dijelu godine, u periodu od studenog 2008. do veljače 2009. godine, uočena je niža vrijednost indeksa kondicije (raspon 19,49 – 22,20) (Slika 4.19).



**Slika 4.19.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije indeksa kondicije kunjke (*Arca noae*) kroz period istraživanja na postaji P<sub>2</sub>

Na postaji P<sub>p</sub> najviša vrijednost indeksa kondicije izmjerena je u lipnju 2008. godine ( $x=25,56\pm 2,58$ ), dok je najniža vrijednost zabilježena u prosincu 2008. godine ( $x=18,79\pm 2,38$ ). Općenito, povišene vrijednosti indeksa kondicije kunjke u Pašmanskom kanalu zabilježene su u periodu od ožujka do lipnja (raspon 24,12 – 25,56) i u listopadu 2009. godine ( $x=24,60$ ), dok su ostatak godine vrijednosti bile niže (raspon 18,79 – 23,73) (Slika 4.20).



**Slika 4.20.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije indeksa kondicije kunjke (*Arca noae*) kroz period istraživanja na postaji P<sub>p</sub>

Kod školjkaša na postaji P<sub>p</sub>, prikupljenih iz prirodnog staništa u Pašmanskom kanalu izmjerena je statistički značajno niža vrijednost indeksa kondicije nego kod školjkaša na postajama P<sub>1</sub> i P<sub>2</sub>, u četiri mjeseca (prosina 2008. godine, travanj, lipanj i srpanj 2009. godine), od ukupnih šest mjeseci u kojima je zabilježena statistički značajna razlika. Srednje vrijednosti indeksa kondicije i standardne devijacije po mjesecima uzorkovanja na svim postajama prikazane su u tablici 4.14., a rezultati ANOVA-e i Post-hoc testa u tablici 4.15.

**Tablica 4.14.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije indeksa kondicije kunjke (*Arca noae*) prema postajama i mjesecu istraživanja

Godina	Mjesec	Postaja		
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>p</sub>
2008	studeni	19,21±1,90	20,01±2,19	19,70±2,33
	prosinac	20,55±1,80	19,50±1,63	18,79±2,39
2009	siječanj	22,93±2,55	22,21±1,65	22,31±2,32
	veljača	20,88±2,56	20,41±2,58	23,73±2,61
	ožujak	22,38±2,58	24,27±2,48	24,12±2,45
	travanj	26,11±2,67	24,62±1,99	24,78±2,50
	svibanj	24,68±2,61	24,42±2,29	24,20±2,53
	lipanj	25,80±2,61	27,37±2,65	25,56±2,58
	srpanj	25,53±3,58	25,69±3,27	22,17±1,92
	kolovoz	22,07±3,14	22,79±3,72	21,26±1,67
	rujan	24,18±3,98	22,53±2,34	22,42±2,38
	listopad	25,40±3,28	26,16±2,99	24,60±2,35



**Tablica 4.15.** Analiza indeksa kondicije kunjke (*Arca noae*) prema mjesecima uzorkovanja; Rezultati ANOVA (post hoc Tukey) i Kruskal-Wallis (post hoc Mann-Whitney) testova

Godina	Mjesec	ANOVA/KW	Post hoc usporedba
2008	studeni	F=1,6 nz	
	prosinač	F=6,10**	$P_1=P_2, P_2=P_p, P_1>P_p$
2009	siječanj	F=1,06 nz	
	veljača	F=14,51***	$P_1=P_2<P_p$
	ožujak	F=5,29 **	$P_1<P_2=P_p$
	travanj	F=3,47*	$P_1>P_2=P_p$
	svibanj	F=0,28 nz	
	lipanj	F=4,23*	$P_1=P_2, P_1=P_p, P_2>P_p$
	srpanj	F=13,05***	$P_1=P_2>P_p$
	kolovoz	H=3,99 nz	
	rujan	H=3,58 nz	
listopad	F=2,18 nz		

\* <0.05

\*\* < 0.01

\*\*\* < 0.001

nz – nije značajno

#### 4.4.3. Analiza omjera spolova

Analizirano je ukupno 179 jedinki kunjke koje su preživjele čitavi eksperiment i to: 73 jedinke na postaji P<sub>1</sub>, 81 jedinka na postaji P<sub>2</sub> i 25 jedinki na postaji P<sub>p</sub>. Na postaji P<sub>1</sub> analizom spola determinirano je 49 mužjaka i 24 ženke, odnosno mužjaci su bili zastupljeni s 67,1%, a ženke s 32,9% u uzorku. Na postaji P<sub>2</sub> analizom spola determiniran je 51 mužjak i 30 ženki,

odnosno mužjaci su bili zastupljeni s 62,5%, a ženke s 37,5% u uzorku. Na postaji P<sub>p</sub> analizom spola determinirano je 16 mužjaka i 9 ženki, odnosno mužjaci su bili zastupljeni s 64,0%, a ženke s 36,0% u uzorku. Uspoređujući sve jedinice sa svih postaja zajedno, determinirano je ukupno 115 mužjaka i 63 ženke, odnosno mužjaci su zastupljeni s 64,6% a ženke s 35,4% u ukupnom uzorku (Tablica 4.16.). Ukupni odnos mužjaka prema ženkama je 1,8 : 1,0 ( $\chi^2=15,693$ ;  $P<0,001$ ) (Tablica 4.17).

**Tablica 4.16.** Analiza odnosa spolova kunjke (*Arca noae*) izražena u postocima (%)

SPOL	POSTAJA			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>p</sub>	SVI UZORCI
<b>Mužjaci</b>	67,1%	62,5%	64,0%	64,8%
<b>Ženke</b>	32,9%	32,5%	36,0%	35,2%

**Tablica 4.17.** Analiza odnosa spolova kunjke (*Arca noae*) s obzirom na dužinske kategorije

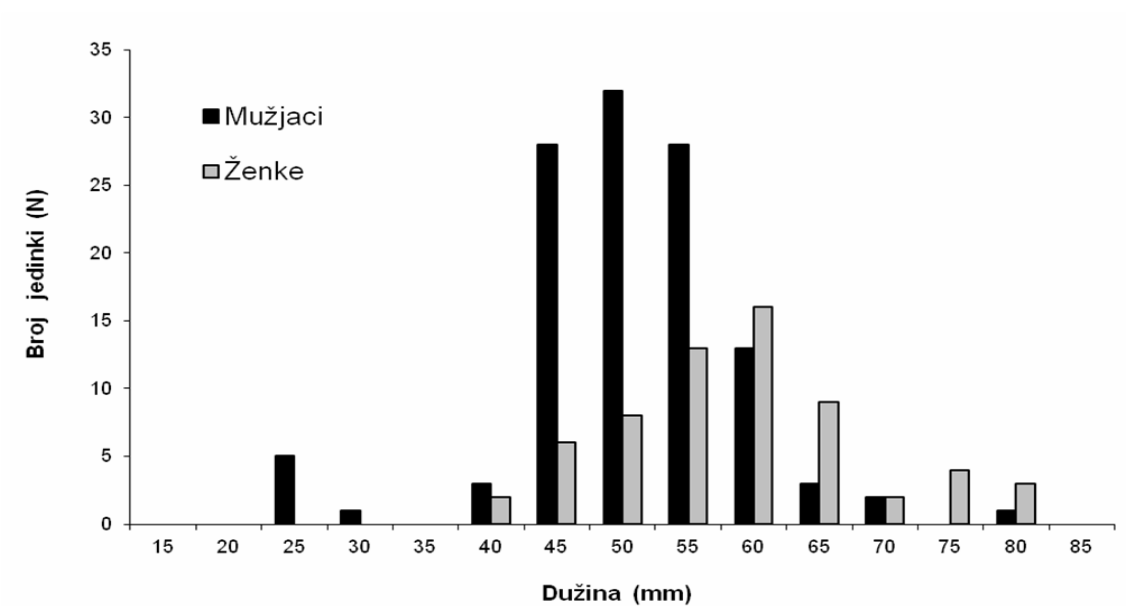
Dužina (mm)	Mužjaci	Ženke	$\chi^2$	P
<30	5	0	5	0,025
30-39	1	0	1	0,317
40-49	31	8	13,564	<0,001
50-59	60	21	18,778	<0,001
>60	19	34	4,245	0,039
<b>Ukupno</b>	116	63	15,693	<0,001

Provođenjem neparametrijskog Mann–Whitney testa utvrđena je statistički značajna razlika između dužine mužjaka i ženki ( $P<0,001$ ). Prosječna izmjerena dužina svih mužjaka je  $52,60\pm 8,66$  mm, s rasponom od 24,6 mm do 83,1 mm. Kod ženki prosječna izmjerena dužina

svih uzoraka iznosila je  $60,18 \pm 9,52$  mm, s rasponom od 42,9 do 81,1 mm. Srednja vrijednost dužina, standardna devijacija i raspon dužina u odnosu na spolove prikazani su u tablici 4.18., dok je na slici 4.21. prikazana dužinska distribucija kunjke s obzirom na spol.

**Tablica 4.18.** Srednje vrijednosti ( $\bar{x}$ ), standardne devijacije (st.dev), minimalne (min) i maksimalne (max) vrijednosti dužina kunjke (*Arca noae*) s obzirom na spol

SPOL	N	L(mm) $\bar{x} \pm \text{st.dev.}$	Min–Max (mm)
Mužjaci	116	$52,60 \pm 8,66$	24,6-83,1
Ženke	63	$60,18 \pm 9,52$	42,9-81,1



**Slika 4.21.** Odnos spolova kunjke (*Arca noae*) prema dužinskim kategorijama

#### 4.4.4. Analiza stabilnih izotopa

##### 4.4.4.1. Sastav stabilnih izotopa dušika

Provođenjem t-testa utvrđena je statistički viša vrijednost sastava stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u tkivu mišića ( $x=5,47\pm 0,65$ ) u odnosu na tkivo probavne žlijezde ( $x=4,06\pm 0,42$ ) ( $P<0,001$ ). Najviša vrijednost stabilnih izotopa dušika  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u mišiću kunjke zabilježena je u svibnju 2009. godine na postaji Pp (6,7‰), dok je najniža vrijednost zabilježena na istoj postaji u siječnju 2009. godine (4,5‰). Najviša vrijednost stabilnih izotopa dušika  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u probavnoj žlijezdi kunjke zabilježena je također u svibnju 2009. godine (4,7‰), a najniža u ožujku 2009. godine na istoj postaji (3,3‰). Sve vrijednosti sastava stabilnih izotopa dušika  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  prikazane su u tablici 4.19.

**Tablica 4.19.** Izotopni sastav  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u ‰ u tkivima mišića i probavne žlijezde kunjke (*Arca noae*) na svim postajama kroz period istraživanja

Godina	Mjesec	Postaja					
		P <sub>1</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>p</sub>	
		Mišić	Prob.žlj.	Mišić	Prob.žlj.	Mišić	Prob.žlj.
2008	studeni	4,9	3,4	5,3	4,0	5,0	4,6
2009	siječanj	4,9	3,6	4,9	3,8	4,5	3,8
	ožujak	5,0	4,4	5,5	3,6	4,7	3,3
	svibanj	6,6	4,5	6,3	4,0	6,7	4,7
	srpanj	5,9	4,3	5,4	4,0	5,4	4,3
	rujan	5,4	4,0	6,2	4,3	5,9	4,6

Provođenjem dvosmjerne analize varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između sastava stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u tkivu mišića u odnosu na lokaciju ( $P=0,559$ ), ali je utvrđena u odnosu na period istraživanja ( $P<0,001$ ). Tako je najviša koncentracija stabilnih

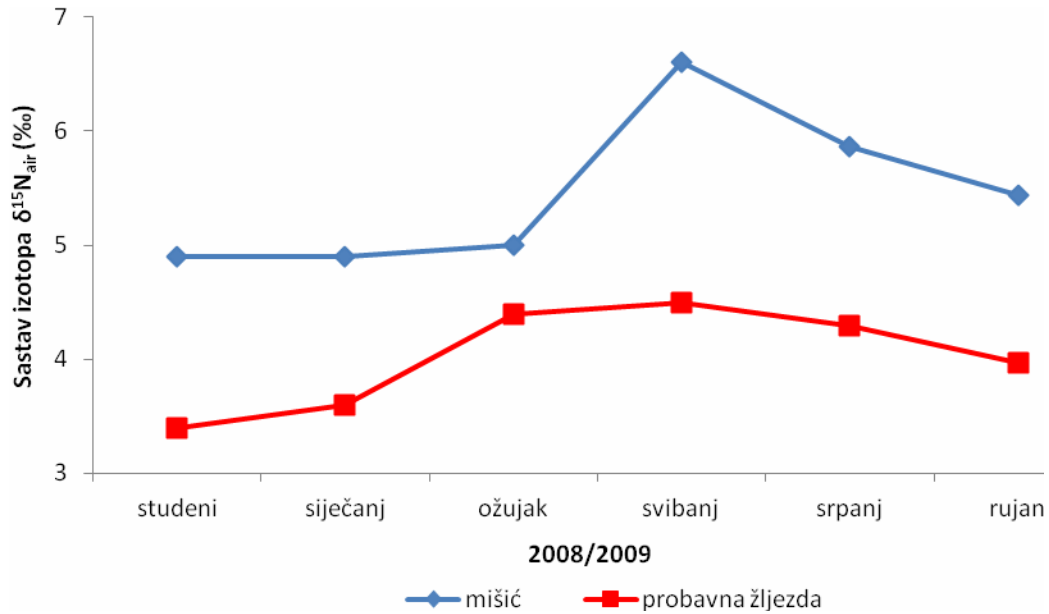
izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u tkivu mišića zabilježena u svibnju 2009. godine ( $x=6,53\pm 0,2\%$ ), a najniža u siječnju 2009. godine ( $x=4,76\pm 4,2\%$ ). Vrijednost  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u tkivu mišića bila je statistički značajno viša u svibnju 2009. godine u odnosu na studeni 2008. godine ( $x=5,06\pm 0,2$ ;  $P<0,001$ ) te siječanj ( $x=4,76\pm 4,2\%$ ;  $P<0,001$ ), ožujak ( $x=5,06\pm 0,4\%$ ;  $P<0,001$ ) i srpanj 2009. godine ( $x=5,58\pm 0,2\%$ ;  $P<0,002$ ). Također, statistički značajno viša vrijednost  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u tkivu mišića zabilježena je u rujnu ( $x=5,82\%\pm 0,3$ ) u odnosu na siječanj 2009. godine ( $P=0,001$ ).

U tkivu probavne žlijezde provođenjem dvosmjerne analize varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između sastava stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u odnosu na lokaciju ( $P=0,559$ ), kao ni na period istraživanja ( $P=0,312$ ) (Tablica 4.20).

**Tablica 4.20.** Analiza sastava stabilnih izotopa dušika  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$   
(Dvosmjerna ANOVA bez ponavljanja)

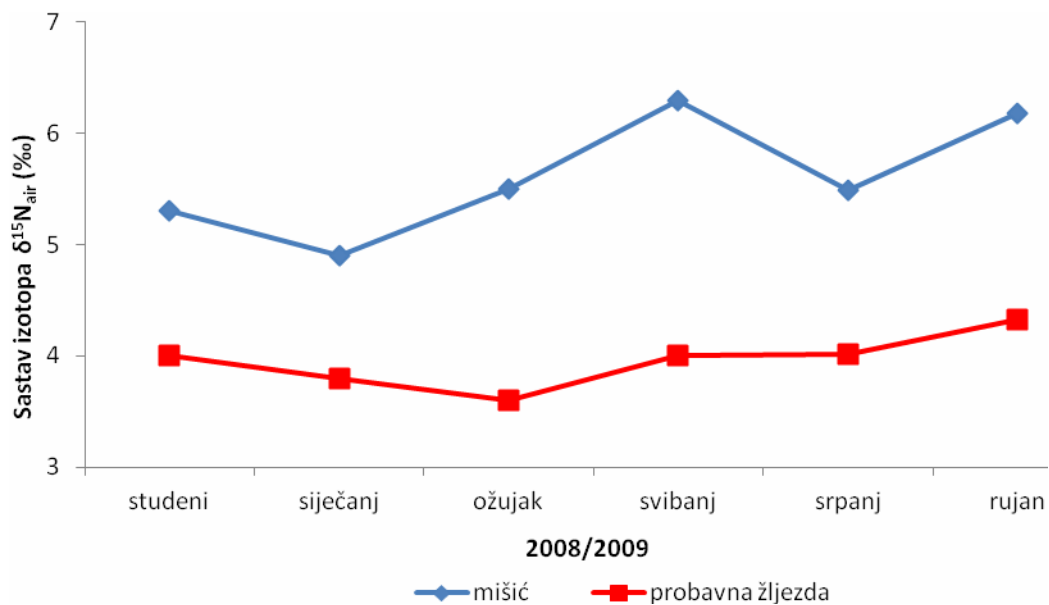
Tkivo	Faktor	DF	MS	F	P
Mišić	Postaja	2	0,099	1,211	0,338
	Mjesec	5	1,254	15,421	<0,001
	Pogreška	10	0,081		
Probavna žlijezda	Postaja	2	0,105	0,617	0,559
	Mjesec	5	0,233	1,376	0,312
	Pogreška	10	0,170		

Na postaji  $P_1$  vrijednost sastava stabilnih izotopa dušika  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u mišiću kunjke kretala se u rasponu od minimalnih 4,9‰ (studenj 2008. i siječanj 2009. godine) do maksimalnih 6,6‰ (svibanj 2009. godine), dok se u tkivu probavne žlijezde sastav  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  kretao između 3,4‰ (studenj 2008. godine) do 4,5‰ (svibanj 2009. godine) (Slika 4.22.).



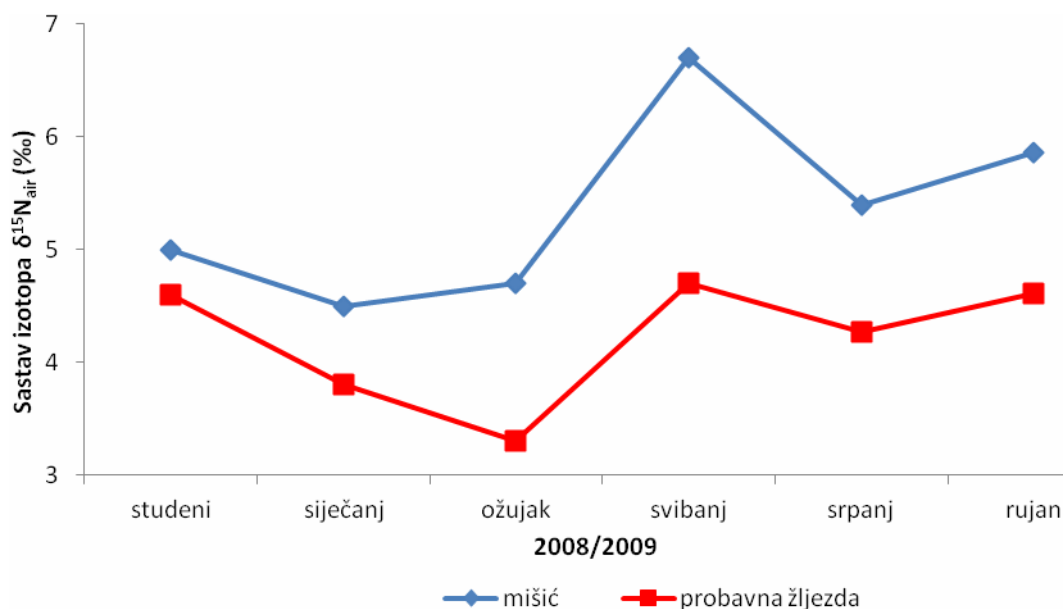
**Slika 4.22.** Izotopni sastav  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u tkivima mišića i probavne žlijezde kunjke (*Arca noae*) na postaji P<sub>1</sub> tijekom perioda istraživanja

Na postaji P<sub>2</sub> vrijednost sastava stabilnih izotopa dušika  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u mišiću kunjke kretala se u rasponu od minimalnih 4,9‰ (siječanj 2009. godine) do maksimalnih 6,3‰ (svibanj 2009. godine) dok se u tkivu probavne žlijezde sastav  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  kretao između 3,6‰ (ožujak 2009. godine) do 4,33‰ (rujan 2009. godine) (Slika 4.23.)



**Slika 4.23.** Izotopni sastav  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u tkivima mišića i probavne žlijezde kunjke (*Arca noae*) na postaji P<sub>2</sub> tijekom perioda istraživanja

Na postaji P<sub>p</sub> vrijednost sastava stabilnih izotopa dušika  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u mišiću kunjke kretala se u rasponu od minimalnih 4,5‰ (siječanj 2009. godine) do maksimalnih 6,7‰ (svibanj 2009. godine) dok se u tkivu probavne žlijezde sastav  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  kretao između 3,3‰ (ožujak 2009. godine) do 4,7‰ (svibanj 2009. godine) (Slika 4.24.).



**Slika 4.24.** Izotopni sastav  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u tkivima mišića i probavne žlijezde kunjke (*Arca noae*) na postaji P<sub>p</sub> tijekom perioda istraživanja

#### 4.4.4.2. Sastav stabilnih izotopa ugljika

Utvrđena je statistički viša vrijednost sastava stabilnih izotopa  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u tkivu mišića ( $\bar{x} = -19,11 \pm 0,82\%$ ) u odnosu na tkivo probavne žlijezde ( $\bar{x} = -21,31 \pm 1,21\%$ ) ( $t\text{-test} = 0,638$ ;  $P < 0,001$ ). Najviša vrijednost stabilnih izotopa  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u mišiću kunjke zabilježena je u studenom 2008. godine na postaji P<sub>1</sub> (-18,14‰), dok je najniža vrijednost zabilježena u srpnju 2009. godine na postaji P<sub>p</sub> (-21,53‰). Najviša vrijednost stabilnih izotopa  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u probavnoj žlijezdi kunjke zabilježena je u srpnju 2009. godine na postaji P<sub>1</sub> (-18,87‰), dok je najniža vrijednost zabilježena na istoj postaji u svibnju 2009. godine. Sve vrijednosti sastava stabilnih izotopa ugljika  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  prikazane su u tablici 4.21.

**Tablica 4.21.** Izotopni sastav  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u ‰ u tkivima mišića i probavne žlijezde kunjke (*Arca noae*) na svim postajama kroz period istraživanja

Godina	Mjesec	Postaja					
		P <sub>1</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>p</sub>	
		Mišić	Prob.žlj.	Mišić	Prob.žlj.	Mišić	Prob.žlj.
2008	studeni	-18,14	-20,96	-19,01	-20,79	-18,90	-21,17
2009	siječanj	-19,02	-18,90	-19,07	-20,90	-20,80	-21,24
	ožujak	-18,71	-22,14	-18,56	-21,67	-19,20	-21,81
	svibanj	-19,56	-23,58	-18,95	-23,11	-19,06	-22,25
	srpanj	-18,50	-18,87	-18,56	-21,19	-21,53	-20,50
	rujan	-18,79	-22,44	-19,15	-21,06	-18,53	-20,94

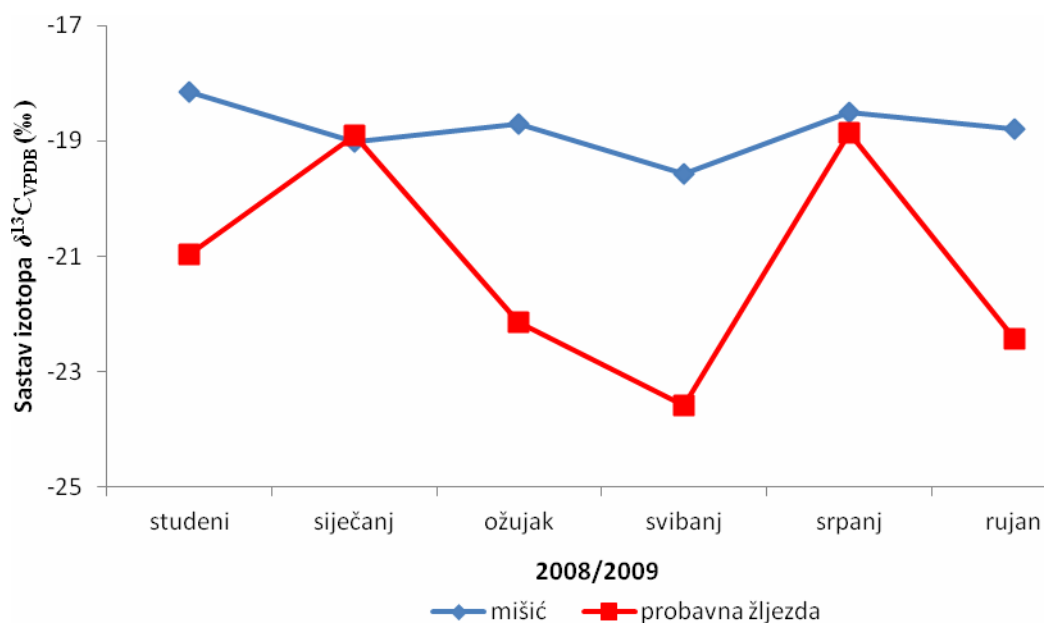
Provođenjem dvosmjerne analize varijance nisu uočene statistički značajne razlike u sastavu stabilnih izotopa  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  s obzirom na lokaciju kod mišića ( $P=0,172$ ), kao ni kod probavne žlijezde ( $P=0,846$ ). Statistički značajna razlika nije uočena ni s obzirom na period uzorkovanja u tkivu mišića ( $P=0,632$ ), ali je u tkivu probavne žlijezde ( $P=0,031$ ) (Tablica 4.22). Najviše vrijednosti stabilnih izotopa  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u tkivu mišića zabilježene su u studenom 2008. godine ( $x=-18,68\pm 0,47\text{‰}$ ), dok su najniže vrijednosti uočene u siječnju 2009. godine ( $x=-19,63\pm 1,01\text{‰}$ ). Najviše vrijednosti stabilnih izotopa  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u tkivu probavne žlijezde zabilježene su u srpnju 2009. godine ( $x=-20,19\pm 1,19\text{‰}$ ), dok su najniže vrijednosti uočene u svibnju 2009. godine ( $x=-22,98\pm 0,67\text{‰}$ ).



**Tablica 4.22.** Analiza sastava stabilnih izotopa ugljika  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  (dvosmjerna ANOVA bez ponavljanja)

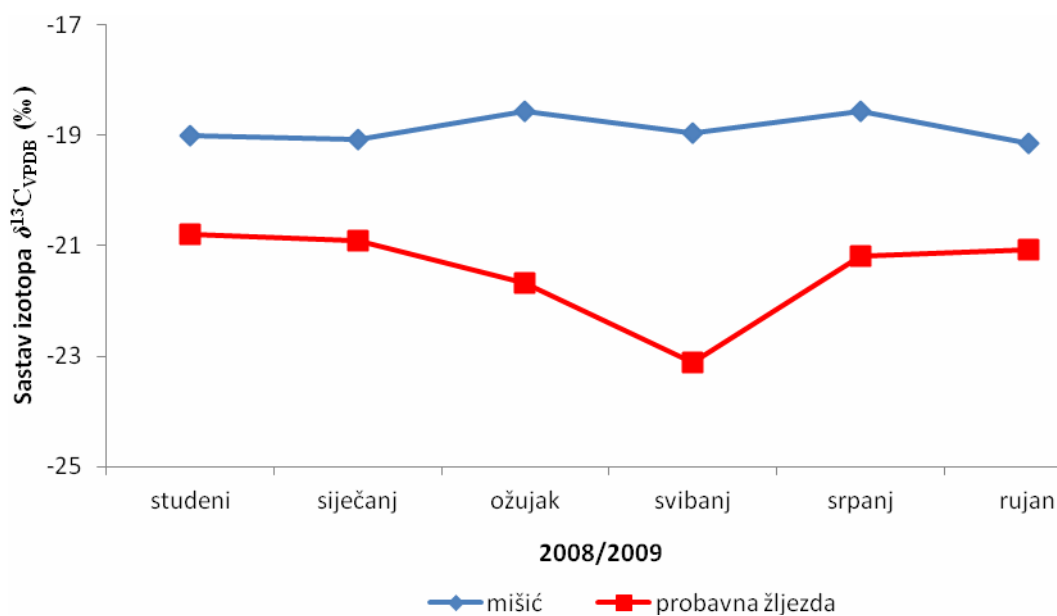
<b>Tkivo</b>	<b>Faktor</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Mišić</b>	Postaja	2	1,341	2,11	0,172
	Mjesec	5	0,448	0,71	0,632
	Pogreška	10	0,635		
<b>Probavna žlijezda</b>	Postaja	2	0,140	0,170	0,846
	Mjesec	5	3,263	3,958	0,031
	Pogreška	10	0,824		

Na postaji P<sub>1</sub> vrijednost sastava stabilnih izotopa ugljika  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u mišiću kretala se u rasponu od minimalnih -19,56‰ (svibanj 2009. godine) do maksimalnih -18,14‰ (studeni 2008. godine), dok se u tkivu probavne žlijezde kretala u rasponu od minimalnih -23,58‰ (svibanj 2009. godine) do maksimalnih -18,87‰ (srpanj 2009. godine) (Slika 4.25).



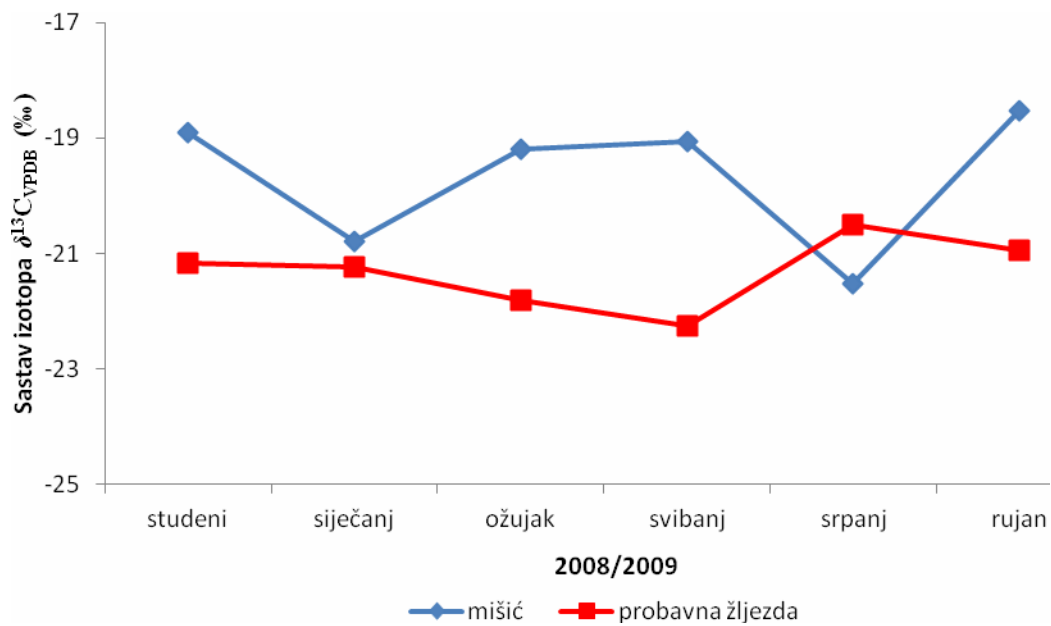
**Slika 4.25.** Izotopni sastav  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u tkivima mišića i probavne žlijezde kunjke (*Arca noae*) na postaji P<sub>1</sub> tijekom perioda istraživanja

Na postaji P<sub>2</sub> vrijednost sastava stabilnih izotopa ugljika  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u mišiću kretala se u rasponu od minimalnih -19,15‰ (rujan 2009. godine) do maksimalnih -18,56‰ (ožujak 2009. godine), dok se u tkivu probavne žlijezde kretala u rasponu od minimalnih -23,11‰ (svibanj 2009. godine) do maksimalnih -20,79‰ (studeni 2008. godine) (Slika 4.26).



**Slika 4.26.** Izotopni sastav  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u tkivima mišića i probavne žlijezde kunjke (*Arca noae*) na postaji P<sub>2</sub> tijekom perioda istraživanja

Na postaji P<sub>p</sub> vrijednost sastava stabilnih izotopa ugljika  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u mišiću kretala se u rasponu od minimalnih -21,53‰ (srpanj 2009. godine) do maksimalnih -18,53‰ (rujan 2009. godine), dok se u tkivu probavne žlijezde kretala u rasponu od minimalnih -22,25‰ (svibanj 2009. godine) do maksimalnih -20,5‰ (srpanj 2009. godine) (Slika 4.27).



**Slika 4.27.** Izotopni sastav  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u tkivima mišića i probavne žlijezde kunjke (*Arca noae*) na postaji P<sub>p</sub> tijekom perioda istraživanja

## 5. RASPRAVA

Uzgoj morskih organizama na Jadranu ima dugu tradiciju, posebice u segmentu školjkarstva, čiji su počeci komercijalnog uzgoja zabilježeni već u prvoj polovini 19. stoljeća (Skaramuca i sur. 1997; Bratoš i sur. 2004). Posljednjih godina proizvodnja školjkaša iznosi oko 3.000 tona dagnje *Mytilus galloprovincialis* i oko 1 milijun komada kamenice *Ostrea edulis* (Mišura i sur. 2008). Glavnina proizvodnje odvija se u Malostonskom zaljevu, na ušću rijeke Krke, u Limskom kanalu i Novigradskom moru, odnosno relativno zaštićenim područjima sa stalnim dotokom slatkih voda s kopna (Bratoš i sur. 2004). Za razliku od uzgoja školjkaša, kavezni uzgoj riba nešto je novijeg porijekla te se s mrijestom i uzgojem lubina *Dicentrarchus labrax* i komarče *Sparus aurata* započinje u 70 – tima, a tovom tune *Thunnus thynnus* u 90-tim godinama prošlog stoljeća (Dujmušić, 2000). Hrvatski uzgajivači bili su pioniri uzgoja ovih vrsta na cijelom Mediteranu te se može reći da je njihov uzgoj poprimio industrijske oblike upravo na našim područjima (Dujmušić, 2000). Međutim, važno je napomenuti da proizvodnja lubina i komarče nije pratila razvoj proizvodnje u drugim zemljama Mediterana poput Grčke, Turske ili Italije te ona trenutno iznosi samo oko 5.000 tona godišnje (Mišura i sur. 2008). Uzgoj odnosno tov tune dosegao je svoje gornje granice od oko 4.000 tona godišnje koje se temelje na izlovnim kvotama te se ne očekuje daljnje povećanje proizvodnje barem dok se ne riješi problematika inducirano mrijesta (Katavić, 2004). Razvoj marikulture dovodi do sve većih zabrinutosti vezanih za utjecaje na okoliš, kao i do pojačane kompeticije s ostalim aktivnostima u obalnom prostoru te ovi problemi postaju jedni od glavnih prepreka daljnjem razvoju ove gospodarske djelatnosti kako u Svijetu tako i na Jadranu (Frankić, 2003). Iako se tehnologija uzgoja usavršava, te se pronalazi sve veći broj rješenja za smanjenje negativnog utjecaja akvakulture po okoliš i prirodne populacije riba (za proizvodnju ribljeg ulja i brašna) te za bolju integraciju u obalni prostor (Troell & Norberg 1998; Frankić, 2003), u Hrvatskoj takva tehnološka rješenja imaju nešto sporiju implementaciju.

Kavezni uzgoj riba odvija se na otvorenom moru, gdje je prisutna stalna izmjena morske vode između kaveza i okoliša, a karakterizira ga otpuštanje velike količine suspendiranih čestica, povišena biološka potrošnja kisika (BPK) i ispuštanje otopljenih hranjivih tvari (Treoll & Norberg 1998). Prema provedenim studijama, samo oko 24% ukupnog ugljika, 31% dušika i 31% fosfora dodanih kroz riblju hranu ugrađuje se u biomasu ribe te iznosi izlovom, dok se ostatak otpušta u morski okoliš u obliku ribljeg fecesa, urina i nepojedene hrane (Holby & Hall 1991; Hall i sur. 1992; Wu 1995; Treoll & Norberg 1998). Katavić (2003) navodi da unos

metaboličkih nusprodukata uzgoja riba, u slučaju kada ne prelazi mogućnosti prihvatnog kapaciteta ekosustava odnosno prerade od strane bentonskih i nektonskih zajednica, može se smatrati povoljnim za lokalnu bioprodukciju. Međutim, deponiranje otpadnog materijala uslijed intenzivnog uzgoja obično premašuje kapacitete recikliranja i dovodi do akumulacije viška organske tvari u sedimentu i povećane potrošnje kisika, odnosno stvaranja anoksičnih uvjeta i negativnih promjena u ekosustavu (Treoll & Norberg 1998; Chávez-Crooker & Obreque-Contreras 2010). Kod kaveznog uzgoja lubina i komarče više od 2/3 ukupno unesenog dušika i više od 1/2 fosfora završava u okolišu putem fecesa i urina, dok se ostatak ugrađuje u biomasu ribe (Katavić, 2006). Nadalje, putem nepojedene riblje hrane, čiji udio obično iznosi oko 10%, u okoliš dospijeva dodatna količina dušika i fosfora. Kako su prosječni sadržaji dušika i fosfora u ekstrudiranoj ribljnoj hrani 7,1 i 1,0%, tada, uz indeks konverzije od 1,8:1, po jednoj toni proizvedene ribe u more dospijeva gotovo 70 kg dušika i 11 kg fosfora (Katavić, 2006). Kod kaveznog uzgoja lososa, poboljšanim sastavom obroka i tehnikama hranjenja unos dušika je smanjen na 35 kg te na 7 kg fosfora po toni proizvedene ribe (Chopin i sur. 2001).

Uklanjanje dijela organske tvari, dušika i fosfora iz morskog okoliša s ciljem smanjenja eutrofikacije i poboljšanja kvalitete vode i sedimenta u uzgojnom području osnovni su uvjeti potrebni za uspostavu dugoročne održive aktivnosti uzgoja (Chávez-Crooker & Obreque-Contreras 2010). Kada se riblji feces i nepojedena hrana razgrade na sitnije čestice postoji mogućnost njihove apsorpcije od strane organizama koji se hrane filtracijom morske vode (Jones & Iwama, 1990; Stirling & Okumus, 1995). Na ovaj način nusprodukti uzgoja riba postaju vrijednim izvorom hrane, čijim se iskorištavanjem poboljšava ravnoteža u ekosistemu (Neori i sur. 2000). Osnovni je cilj ovakvog oblika biološkog zbrinjavanja otpadnih tvari optimalizacija odnosa nutrijenata i uklanjanja dijela otpadnih tvari, pogotovo onih koji inače završavaju u sedimentu. Još veći stupanj izbalansiranosti može se postići uključivanjem visoko vrijednih morskih algi koje uklanjaju amonijak, dušik i fosfor iz vodenog stupca ili bentoskih zajednica (trpova, ježinaca) koji svojim načinom prehrane poboljšavaju stanje sedimenta (Chopin i sur. 2001). Iako integralna akvakultura nema kapacitet uklanjanja ukupne količine otpadnih nutrijenata, uz kombinaciju s drugim tehnološkim rješenjima može značajno doprinijeti održivosti akvakulture, te je potrebno istražiti ovaj potencijal na komercijalnoj razini (Chávez-Crooker & Obreque-Contreras 2010). Zbog pozitivnog utjecaja na okoliš i podizanja socijalne i ekonomske prihvatljivosti industrije akvakulture, integralna multi-trofička akvakultura prepoznata je diljem svijeta te doživljava brz razvoj na znanstveno-istraživačkoj, a djelomično i komercijalnoj razini (Ridler i sur. 2007; FAO, 2009).

Iako su istraživanja provedena na Mediteranu pokazala dobar potencijal za razvoj integralne akvakulture (Mazzola i sur. 1999; Sarà i sur. 2009; 2011), komercijalnoj primjeni ovog načina prethodi još niz ispitivanja na znanstveno-istraživačkoj razini. Nekoliko istraživanja pokazalo je da intenzivni kavezni uzgoj može doprinijeti povećanoj koncentraciji hranjivih tvari i primarne produkcije u uzgojnom području (Troell & Norberg 1998; Sarà i sur. 2009; 2011) i da su organizmi koji se hrane filtracijom sposobni iskorištavati taj višak nutrijenata za podmirenje vlastitih metaboličkih potreba (Lefebvre i sur. 2000; Mazzola & Sarà 2001; Gao i sur. 2006; Sarà i sur. 2009; Redmond i sur. 2010; Reid i sur. 2010; MacDonald i sur. 2011).

U provedenom istraživanju, analizom biotskih i abiotskih parametara nije uočena statistički značajna razlika između nijednog od promatranih parametara. Temperatura i zasićenost kisikom imale su podjednake vrijednosti na svim lokacijama kroz period istraživanja. Salinitet je bio podjednak u svim periodima, osim jednog značajnog pada na lokaciji u Pašmanskome kanalu u studenom 2008. godine, koji se može pripisati obilnijim jesenskim kišama koje su uzrokovale pojačani dotok slatke vode s obale. Značajnije razlike zamijećene su jedino u primarnoj produkciji, mjerenoj kroz koncentraciju klorofila *a*, koja je varirala ovisno o lokaciji i mjesecu uzorkovanja. Iako nije utvrđena statistički značajna razlika, najveće varijacije u vrijednosti klorofila *a* zabilježene su na postaji P<sub>1</sub> u odnosu na ostale postaje te se može pretpostaviti da je razina primarne produkcije bila podložna utjecaju aktivnosti uzgoja riba. Povećanje fitoplanktonske biomase u blizini uzgajališta zabilježili su i Skejić i sur. (2011) koji su tvrdili i do deset puta više vrijednosti klorofila *a* u blizini uzgajališta riba u odnosu na kontrolnu postaju. Slične rezultate u oligotrofnim vodama Mediterana zabilježili su i Sarà i sur. (2009; 2011), gdje je koncentracija klorofila *a* u blizini uzgajališta riba u odnosu na referentnu postaju bila uvećana za 45%. Nasuprot tome, u određenim studijama nisu utvrđene razlike u koncentraciji klorofila *a* na različitim udaljenostima od kaveza s lososom (*Salmo salar*) i referentnih postaja (Stirling & Okomus 1995; Cheshuk i sur. 2003; MacDonald i sur. 2011). Pitta i sur. (1999) navode strujanje mora koje razrjeđuje nutrijente kao razlog zbog kojeg ne dolazi do značajnijeg povećanja primarne produkcije u blizini uzgajališta riba.

Mortalitet dagnji uzrokovan predacijom od strane komarče nije uočen na lokacijama u blizini uzgajališta, već samo na lokaciji 700 m od uzgajališta. Predacija od strane komarče na uzgajalištima školjkaša (Malostonski zaljev, Limski kanal) predstavlja sve značajniji problem uzgajivačima te kod dagnje može iznositi i iznad 50% u prvih mjesec dana nakon nasada (Šegvić – Bubić i sur. 2011). Međutim, prema istim autorima kao jedno od mogućih rješenja predlaže se premještanje instalacija uzgajališta na nešto veće dubine, pošto predacija od strane komarče nije

uočena na dubinama većim od 18 m. Ovo je potvrđeno i u istraživanju – mortalitet od strane komarče uočen je samo uz obalu otoka Pašmana, gdje je dubina do dna iznosila 6 m, dok nije zabilježen na lokacijama s dubinom do dna između 10 do 20 m. Kako se prema novijim standardima za smanjenje negativnog utjecaja uzgoja riba po morsko dno kavezi za uzgoj smještaju na dubine veće od 30 m, može se pretpostaviti da se kod integralne akvakulture ribe i školjkaša ne bi pojavio značajniji gubitak proizvodnih školjkaša zbog ove vrste predacije. Jedini problem može predstavljati mogućnost pucanja linije za uzgoj uslijed prevelike težine ili nepogodnih uvjeta, uslijed čega školjkaši u blizini uzgajališta mogu vrlo brzo stradati od strane predatora volka *Hexaplex trunculus* ili zvjezdače *Astropecten irregularis* (Pennant, 1777) (Dolmer, 1998; Laudien & Wahl 1999; Peharda & Morton 2006), koji su bogato zastupljeni u strukturi bentoske populacije ispod instalacije kaveza.

Prirast dagnji razlikovao se u odnosu na lokaciju i sezonu te rezultati istraživanja ukazuju da se integralnom akvakulturom ribe i školjkaša može postići jednak proizvodni ciklus kao u tradicionalnim uzgojnim područjima za školjkaše na Jadranu. Primjerice, prirast na lokaciji 60 m od kaveza s ribom u periodu od deset mjeseci ( $x=23,6$  mm) sličan je prirastu dagnji zabilježenom u Malostonskom zaljevu za period od 12 mjeseci ( $x=27,3$  mm; Jasprica i sur. 1997). Za pretpostaviti je da bi, da nije došlo do gubitka uzoraka nakon 10 mjeseci, školjkaši postigli barem jednaki prirast istom vremenskom razdoblju. Kako je starost odabranih školjkaša na početku istraživanja procijenjena na oko 6 mjeseci, može se zaključiti kako bi kompletni uzgojni ciklus odnosno period od prihvata mlađi pa do dostizanja tržišne veličine dagnji na postaji P<sub>2</sub> trajao između 18 i 20 mjeseci, dok bi na postajama P<sub>1</sub> i P<sub>0</sub> trajao oko 24 mjeseci. S obzirom na frekvenciju dužine može se uočiti da je tržišnu veličinu od iznad 6 cm (NN, 63/2010) nakon 10 mjeseci na postaji P<sub>1</sub> postiglo 42%, na postaji P<sub>2</sub> 80%, a na postaji P<sub>0</sub> 53% školjkaša. Nakon dvanaest mjeseci istraživanja istu tržišnu veličinu na postaji P<sub>1</sub> dostiglo je 59%, a na postaji P<sub>0</sub> 70% školjkaša. Uzgojni ciklus dagnje u tradicionalnim uzgojnim područjima poput Linskog kanala, ušća rijeke Krke i Malostonskog zaljeva iznosi između 18 i 24 mjeseci (Benović, 1997; Jasprica i sur. 1997; Dujmušić, 2000). Jednaki period produkcije s dosegnutim maksimalnim dužinama od iznad 70 mm zabilježio je Aral (1999) na području Crnog mora, dok su Karayücel i sur. (2010) imali rezultate slične onima u našem istraživanju – rast u 13 mjeseci iznosio je 31 mm s proizvodnim ciklusom kraćim od dvije godine. U istraživanju provedenom na otvorenom moru na jugu Italije u uvjetima linijskog uzgoja Sarà i sur. (1998) zabilježili su da u periodu od dvanaest mjeseci dagnje narastu s prosječne dužine od 43 mm na prosječnu dužinu ljuštura od 60

mm. Na području ušća rijeke Po, prema Ceccherelli & Rossi (1984), dagnje mogu doseći dužine iznad 50 mm u periodu od 15 mjeseci.

Kod uzgoja dagnje na brzinu rasta veliki utjecaj mogu imati dubina, pozicija pergolara na liniji ili splavi i pozicija u odnosu na smjer strujanja (Karayücel & Karayücel 2000). Neke studije pokazale su da je rast brži u dubljim slojevima (Mazzola i sur. 1999), dok je u drugima brži rast primijećen u plićim slojevima vodenog stupca (Fuentes i sur. 2000). Isto tako postoje i studije u kojima nisu uočene značajne razlike u brzini rasta u odnosu na dubinu (Jasprica i sur. 1997; Karayücel & Karayücel 2000). U ovom istraživanju su, zbog tehnoloških razloga i činjenice da nema čvrstih dokaza o utjecaju dubine na brzinu rasta dagnji, uzorci dagnje smješteni na dubinu od 3 m. Prema nekim istraživanjima, izloženost dagnji smjeru morske struje koja donosi veću količinu hranjivih tvari može imati veći utjecaj na njihov rast od dubine uzgoja. Tako su Karayücel & Karayücel (2000) kod uzgoja dagnje *Mytilus edulis* u pergolarima smještenim na splavi zabilježili značajno brži rast kod uzoraka smještenih na vanjskim stranama s boljom izloženošću morskoj struji. Položajem u odnosu na smjer morske struje mogle bi se rastumačiti i razlike u brzini rasta na dagnje na različitim lokacijama. Prema Corner i sur. (2006), zbog prisutnosti mreža i njihovog obraštaja tijekom vremena dolazi do smanjenja brzine i promjene smjera strujanja morske vode. Kako su uzorci na lokaciji P<sub>1</sub> bili smješteni odmah pored kaveza s ribom, može se pretpostaviti kako su instalacije kaveza (mreže, plutače) sprječavale dotok i mijenjale smjer morske struje a samim time i hranjivih tvari, dok su na lokacijama 60 i 700 m od uzgajališta školjkaši bili smješteni optimalno u odnosu na dominantnu morsku struju u zoni Z1, te time izloženiji stalnom dotoku hranjivih tvari. Može se pretpostaviti da su školjkaši pored instalacija kaveza unatoč manjoj izloženosti hranjivim tvarima putem morske struje imali mogućnost iskorištavanja dodatnih izvora hrane u blizini uzgajališta, što je rezultiralo podjednakim rastom na ove dvije lokacije nakon 12 mjeseci istraživanja. Zanimljivo je da su školjkaši imali brži rast na lokaciji 60 m od kaveza u 10 mjeseci istraživanja u odnosu na druge dvije lokacije u 12 mjesečnom periodu. Značajno brži rast mogao bi se objasniti time da su školjkaši na ovoj lokaciji bili izloženi optimalnoj morskoj struji, koja je sa sobom donijela, uz prirodno prisutne, i dodatne hranjive tvari poput nusprodukata uzgoja riba. Riba u kaveznom uzgoju ima tendenciju plivanja u krug, stvarajući efekt vrtloga koji dovodi do usisavanja većine morske vode kroz dno kaveza, odnoseći pritom nusprodukte uzgoja, koji se onda kreću prema dubljim ili plićim slojevima, ovisno o smjeru struje u akvatoriju (Corner i sur. 2006). Može se pretpostaviti kako su školjkaši malo udaljeniji od samih kaveza imali puno veću količinu raspoložive hrane te je upravo ovo potencijalni razlog značajno bržem rastu.



Osim razlika u brzini s obzirom na lokaciju, u istraživanju su zabilježene i statistički značajne varijacije prirasta u odnosu na period godine. Tako su sezonske stope prirasta na svim postajama istraživanja bile najniže tijekom ljetnih mjeseci (srpanj – rujan) pri rasponu temperatura od 21 do 24°C, dok su najviše stope rasta zabilježene u zimsko- proljetnom periodu (ožujak – svibanj) kada su temperature bile ispod 15°C. U ostalim periodima istraživanja zabilježene su podjednake stope rasta. Slične rezultate za istu vrstu, s uočenim usporenim rastom u srpnju i kolovozu, zabilježili su i Gangnery i sur. (2004) u Francuskoj. Nadalje, Almada-Viella i sur. (1982) analizirajući temperaturnu ovisnost rasta vrste *Mytilus edulis*, uočili su logaritamsko povećanje stope rasta između 3 i 20°C i naglo usporavanje rasta pri temperaturama iznad 20°C. Izraženi sezonski rast, s vrlo sporim rastom u zimskom periodu a ubrzanim između svibnja i rujna, zabilježili su i Karayücel & Karayücel (2010) u Škotskoj za vrstu *M. edulis* i Karayücel i sur. (2010) u Crnom moru za vrstu *M. galloprovincialis*. Nasuprot tome, u provedenom istraživanju najbrži rast zabilježen je upravo u hladnijim mjesecima, posebice u ožujku i travnju. Dobiveni podaci navode da rast dagnje nije ovisan isključivo o temperaturi, već o kombinaciji faktora od kojih su najvažniji temperatura, unos hrane, strujanje mora, salinitet, gustoća i položaj nasada te izloženost svjetlosti (Nielsen & Störmgren 1985; Gosling, 1992; Karayücel & Karayücel 2010).

Faza najbržeg rasta poklapa se s periodom najviše razine primarne produkcije na Jadranu (Marasović i sur. 2005), što upućuje na to da je ubrzani rast posljedica povećane prisutnosti hranjivih tvari. Usporavanje rasta nakon vrhunca primarne produkcije, iako se zbog povećanja temperature mogao očekivati ubrzani rast, upućuje na moguću limitiranost dagnji u količini raspoložive hrane kroz velik dio godine. Uzrok bogatije primarne produkcije u proljetnom i jesenskom periodu je raspoloživost nutrijenata fitoplanktonu nakon intenzivnog miješanja u vodenom stupcu i u uvjetima dovoljne količine svjetlosti, dok nedostatak nutrijenata tijekom ljetne stratifikacije rezultira niskom produkcijom unatoč obilnoj količini svjetlosti (Katavić, 2003). Iako u periodu istraživanja prirasta i indeksa kondicije dagnje nisu uzimani uzorci klorofila *a*, može se pretpostaviti da su vrijednosti bile slične onima iz perioda istraživanja kunjke. Po toj pretpostavci, u kolovozu je uz porast temperature na iznad 23°C došlo do naglog pada koncentracije klorofila *a*, a shodno tome i količine raspoložive hrane za dagnje na svim lokacijama, čime se može obrazložiti sporiji rast u ljetnim mjesecima. Također, dodatni utjecaj na usporeni rast u ljetnom periodu vjerojatno je povezan s činjenicom da se radi o periodu kada se energetske potrebe usmjeravaju za obnovu energetskih potreba nakon mrijesta.

U periodu od rujna 2005. do travnja 2006. godine (osim u veljači), školjkaši s postaje P<sub>1</sub> imali su statistički značajno višu vrijednost indeksa kondicije u odnosu na one s postaje P<sub>2</sub> i P<sub>0</sub>, upućujući na mogućnost da su dagnje u blizini uzgajališta riba u zimskom periodu ipak iskoristavale dodatne izvore hrane. Jones & Iwama (1991) također su uočili povišene vrijednosti indeksa kondicije kamenice *Crassostrea gigas* u blizini uzgajališta lososa *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum, 1792), dok su Stirling & Okomus (1995) uočili manji gubitak tjelesnih rezervi dagnje *Mytilus edulis* tijekom zimskih mjeseci, implicirajući također na iskorištavanje organske tvari u blizini uzgajališta lososa. Nasuprot tome, značajne razlike u indeksu kondicije dagnje *M. edulis* u odnosu na udaljenost od uzgajališta lososa nisu uočili Taylor i sur. (1992), kao ni Cheshuk i sur. (2003) za dagnju *Mytilus planulatus* Lamarck (1819), uzgajanu u blizini kaveza s atlantskim lososom *Salmo salar*. Razlike u rezultatima ovih istraživanja mogu se objasniti razlikama u vrstama uključenim u istraživanje, primarnoj proizvodnji uzgojnog područja kao i samog eksperimentalnog dizajna (Troell i sur. 2011).

Za razliku od dagnje, rezultati provedenog istraživanja upućuju na probleme vezane za uzgoj kunjke (*Arca noae*) upotrebom postojećih tehnoloških rješenja i u uvjetima integralne akvakulture. Naime, u provedenom istraživanju zabilježen je izuzetno veliki mortalitet kunjke koji dovodi u pitanje mogućnost komercijalnog uzgoja ovog jestivog školjkaša. Nadalje, visoki mortalitet kunjke već na samom početku istraživanja onemogućio je detaljnu statističku analizu prirasta. Visoke stope mortaliteta na početku oba eksperimenta mogu se djelomično objasniti utjecajem stresa uzrokovanim izlovom i premještanjem školjkaša iz prirodnog staništa u novo uzgojno područje. Nadalje, relativno duga manipulacija sa školjkašima prilikom procesa individualnog markiranja, u trajanju od preko tri sata, vjerojatno je imala dodatni negativni utjecaj na preživljavanje. Mortaliteti prilikom transporta zabilježeni su i kod drugih vrsta školjkaša. Primjerice, mortalitet nakon transporta predstavlja jednu od glavnih prepreka pri uzgoju vrste *Pecten maximus* (Linnaeus, 1758) u Europi, a ovisan je ponajviše o dužini izloženosti školjkaša zraku i temperaturi ambijenta (Christophersen i sur. 2008). Dodatni problem u provedenom istraživanju uzrokovala je predacija od strane puža *Hexaplex (Trunculariopsis) trunculus* na lokaciji u Pašmanskome kanalu, dok uzorci za mjerenje prirasta nisu smješteni unutar zaštitnih kaveza. *H. trunculus* je poznat kao predatorna vrsta koja se hrani različitim vrstama školjkaša, uključujući i kunjku (Marin & López Belluga 2005; Peharda & Morton 2006). Glavnina predacije primijećena je na jedinkama kunjke koje su odbacile svoj bisus, a nisu imale dovoljno vremena za sekreciju novog i ponovni prihvata za podlogu, čime su postale lak plijen za ovog predatora.

Slične probleme s mortalitetima uočili su i Peharda i sur. (predan) provođenjem preliminarnog ispitivanja mogućnosti uzgoja u Malostonskom zaljevu. U njihovoj studiji, provedenoj tijekom 2010. godine, zabilježen je još viši mortalitet pa je tako postotak preživljavanja iznosio 49% kod jedinki smještenih u košare i obješenih na linijama za uzgoj, te 21% kod jedinki položenih na morsko dno. Inicijalna namjera istraživanja bila je ispitati brzinu rasta kod različitih dužinskih kategorija kunjke. Međutim, zbog tehnike uzgoja u plastičnim pergolarima i izduženog oblika ljuštore kunjke nije bilo moguće u istraživanje uključiti veći broj primjeraka manjih od 25 – 30 mm. Također, prilikom prikupljanja uzoraka u Pašmanskom kanalu, iako se posebno ciljalo na prikupljanje što većeg broja jedinki manjih dužinskih kategorija, u uzorku su prevladavale jedinke iznad 40 mm dužine. Mogući razlog tome je to što su manji primjerci zavučeni u različite šupljine na morskom dnu i samim time puno teže uočljivi, što su zabilježili i Peharda i sur. (2009) prilikom istraživanja strukture populacije u Pašmanskom kanalu. U istraživanju su zabilježene veće stope mortaliteta kod manjih u odnosu na veće dužinske kategorije. Značajno veća stopa mortaliteta nakon transporta kod juvenilnih u odnosu na adultne stadije zabilježena je i kod vrste *P. maximus* (Christophersen i sur. 2008). Preživljavanje većih jedinki, koje su ujedno i starije te sporijeg potencijala rasta, imalo je značajan utjecaj na brzinu prirasta kunjke. Za pretpostaviti je da bi se brže stope rasta zabilježile da je eksperiment bio baziran samo na najmanjim dužinskim kategorijama, čime bi se dobili optimističniji podaci vezani uz primjenu u akvakulturi.

Dug period za postizanje komercijalne veličine mogao bi dovesti do nezainteresiranosti investitora za pokretanje uzgoja kunjke jer, primjerice, uzgojni ciklus dagnje na Jadranu traje oko 15 mjeseci, a kamenice oko 24 mjeseca (Dujmušić, 2000). Iako je mali postotak preživljavanja onemogućio detaljnu statističku analizu, kada se uspoređi rast jedinki iz oba eksperimenta, kod kunjki na lokaciji pored kaveza s ribom zabilježena je najveća vrijednost prirasta nakon 12 mjeseci, što se poklapa s podacima o koncentracijama klorofila *a*, čije su najveće vrijednosti i varijabilnost zabilježeni na istoj lokaciji u različitim periodima godine. Evidentirani spori rast kunjke, osim s inicijalnom dužinom, mogao bi biti povezan i s tehnikom uzgoja primijenjenom u istraživanju, koja je dokazana na dagnji, ali nije do sad testirana na ovoj vrsti. Sve su se jedinke u uzorku međusobno povezale pomoću bisusa, tvoreći male skupine slične onima u prirodi. Razlike u rastu kunjke mogle bi se djelomično pripisati načinu života – evidentirano je da jedinke koje žive kao solitarni primjerci, poput onih u Malostonskom zaljevu i Marini kod Trogira, imaju bržu stopu rasta od primjeraka koji su formirali guste bisusom povezane nakupine, poput onih u Malom i Velikom jezeru na otoku Mljetu (Peharda i sur. 2002).

Usporeni rast školjkaša s gustom je naseljenošću vjerojatno povezan s velikom kompeticijom za hranom i prostorom (Lauzon-Guay i sur. 2005). Rezultati istraživanja rasta poklapaju se s dosad objavljenim podacima o ovoj vrsti u kojima se navodi da je potrebno od 3 do 7 godina za postizanje komercijalne veličine od 50 mm (Peharda i sur. 2002; 2003a). Peharda i sur. (predan) na području Malostonskog zaljeva također su pratili rast kunjke *in situ* i utvrdili vrlo spori rast u periodu istraživanja od 12 mjeseci koji je u prosjeku iznosio svega  $1,43 \pm 1,23$  mm.

Značajne razlike u brzini rasta školjkaša zabilježene su kod drugih vrsta iz porodice *Arcidae*. Primjerice, školjkaš *Lunarca ovalis* komercijalnu veličinu postiže za manje od dvije godine (Power & Walker 2001), dok školjkaš *Anadara cornea* raste slično vrsti *Arca noae* te mu treba oko pet godina za postizanje tržišne veličine (Sahin i sur. 1999). Mistri i sur. (1988) opisali su vrstu *Anadara inaequalis*, introduciranu u sjeverni Jadran putem balastnih voda, kao spororastuću vrstu kojoj je potrebno čak 10 godina za dosezanje maksimalne veličine od iznad 100 mm. Vrlo spori rast primijećen je i kod vrste *Noetia ponderosa*, koja tržišnu veličinu postiže tek nakon osme godine života (McGraw i sur. 2001) i vrste *Anadara tuberculosa*, kojoj može trebati i do 25 godina do postizanja maksimalne veličine. Razlike u rastu ovisno o lokaciji primijećene su i kod drugih komercijalno važnih vrsta školjkaša, poput dagnji, kamenica ili školjkaša iz porodice *Pectinidae*. Tako npr. školjkaš *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758), rasprostranjen u cijelom Jadranu, postiže komercijalnu veličinu od iznad 100 mm u rasponu između dvije do pet godina, ovisno o lokaciji i količini raspoložive hrane (Peharda i sur. 2003b). Broom (1985) je istraživao brzinu rasta nekoliko vrsta iz porodice *Arcidae* i zaključio kako je rast sesilnih vrsta školjkaša pod velikim utjecajem okolišnih i bioloških čimbenika, i kako prirast može uvelike varirati između različitih populacija, a ponekad čak i među jedinkama unutar iste populacije.

Analize dužina u odnosu na spol u skladu su s prethodnim istraživanjima koja su proveli Peharda i sur. (2006; 2009) u Malostonskom zaljevu i Pašmanskome kanalu, gdje su također utvrđene statistički značajno veće dužine ženki u odnosu na mužjake. Ipak, zabilježene su bitne razlike u odnosima spolova između ove dvije lokacije. U Malostonskom zaljevu utvrđen je odnos mužjaka naspram ženki od 1,0 : 1,3 (Peharda i sur. 2006), u Pašmanskome kanalu bio je 2,1 : 1,0 (Peharda i sur. 2009), a u ovom istraživanju odnos je bio 1,8 : 1,0. Utvrđeni odnosi spolova ukazuje na činjenicu da su kunjke u Pašmanskome kanalu izložene pretjeranoj eksploataciji, što bi već u relativno bliskoj budućnosti moglo negativno utjecati na mogućnost novačenja mladi, odnosno obnavljanje populacija. Nadalje, prikupljeni podaci upućuju da minimalna lovna veličina od 50 mm, kao jedina zaštitna mjera za ovu vrstu možda nije

odgovarajuća i dovoljna da osigura stabilnost prirodnih populacija i osigura dugoročno održivo gospodarstvo ovom vrstom kako u Pašmanskome kanalu, tako i u Jadranu općenito.

Najviše vrijednosti indeksa kondicije kunjke zabilježene su u periodu kondicioniranja za mrijest, od travnja do lipnja 2009. godine. Slične vrijednosti indeksa kondicije u periodu prije mrijesta zabilježene su također i u prethodnim istraživanjima drugih autora. Primjerice, maksimalne vrijednosti indeksa kondicije kunjke na području Malostonskog zaljeva zabilježene su također u periodu od travnja do lipnja (Peharda i sur. 2003; Ezgeta-Balić i sur. 2012). Peharda i sur. (2006) opisali su indeks kondicije kao jednostavan ali pouzdan indikator perioda mrijesta kunjke. Stoga se može zaključiti kako se mrijest kunjke s područja otoka Pašmana odvijao krajem lipnja i tijekom srpnja 2009. godine, na što upućuje i blagi pad indeksa kondicije u kolovozu na svim postajama istraživanja. Na području Malostonskog zaljeva, u istraživanjima provedenim tijekom 2002. i 2004. godine, zabilježen je mrijest kunjke u periodu od lipnja do kolovoza (Peharda i sur. 2006). Uzgoj kunjki u neposrednoj blizini uzgajališta riba rezultirao je povećanjem indeksa kondicije u odnosu na ostale lokacije kroz 4 mjeseca, od ukupno 6 u kojima su zabilježene razlike što je u suprotnosti s ranije navedenim istraživanjima od Taylor i sur. (1992) i Cheshuk i sur. (2003), ali se podudara sa studijama od Jones & Iwama (1991) i Stirling & Okumus (1995). Indeks kondicije školjkaša predstavlja količinu mesa u odnosu na ukupnu težinu školjkaša te se može smatrati indikatorom kvalitete školjkaša (Davenport & Chen 1987). Stoga se može zaključiti kako bi uzgoj školjkaša u integralnoj akvakulturi s ribom mogao rezultirati produženjem perioda proizvodnje, odnosno većom ispunjenosti mesom kroz duži period u odnosu na popunjenost kada se školjkaši prikupljaju iz prirodnih staništa. Produženje produkcijskog perioda prethodno je evidentirano za dagnju *Mytilus galloprovincialis* kada je uzgajana u blizini uzgajališta riba (Mazzola i sur. 1999; Sarà i sur. 2009).

Ipak, povećane vrijednosti indeksa kondicije kunjke, kao mogući rezultat iskorištavanja viška hranjivih tvari u blizini uzgajališta, nisu potvrđene provođenjem analize stabilnih izotopa dušika ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ ) i ugljika ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ ), s obzirom da značajne razlike nisu utvrđene između uzorkovanih postaja. Upotrebom iste metode, Navarrete-Mier i sur. (2010) također nisu utvrdili značajnu povezanost između unosa viška organske tvari na uzgajalištu riba i trofičkog odgovora dagnje *Mytilus galloprovincialis* i kamenice *Ostrea edulis*. Nasuprot tome, niz studija utvrdio je mogućnost prehrane raznih filtracijskih organizama od strane viška nutrijenata u blizini uzgajališta riba. Primjerice, Mazzola & Sarà (2001), nakon provođenja analize stabilnih izotopa ugljika zaključili su kako školjkaši uzgajani u blizini uzgajališta riba imaju sposobnost recikliranja značajnog dijela viška organske tvari. Vizzini & Mazzola (2004) utvrdili su povišene

vrijednosti stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  i do 500 m od kopnenog uzgajališta riba kod niza organizama koji se hrane filtracijom i iskorištavanjem primarne produkcije. Dolenc i sur. (2007) utvrdili su kod spužve *Aplysina aerophoba* Nardo, 1833, raka vitičara *Balanus perforatus* Bruguière, 1789 i žarnjaka *Anemonia sulcata* (Pennant, 1777) značajno više vrijednosti stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  uzorkovanih u neposrednoj blizini uzgajališta u odnosu na iste vrste uzorkovane na referentnim postajama. Nadalje, Dolenc i sur. (2011) također su utvrdili značajne razlike u vrijednosti  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  kod dagnje *M. galloprovincialis* s obzirom na antropogeni unos organske tvari. Tako se u području najvećeg unosa organske tvari raspon sastava  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  kretao od 6,0 do 8,2‰, dok je na referentnim postajama bio značajno niži te se kretao u rasponu od 3,3 do 3,8‰. Redmond i sur. (2010) proveli su analizu stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  kod digestivne žlijezde dagnje *Mytilus edulis* te utvrdili značajno iskorištavanje organske tvari podrijetlom od razgrađenog ribljeg obroka nakon 28 dana hranjenja. Isti autori navode kako u sistemu integralne akvakulture na otvorenom moru školjkaši također imaju mogućnost iskorištavanja čestica organske tvari, ali njihova učinkovitost uvelike ovisi o dizajnu uzgajališta kao i drugim izvorima hrane za školjkaše. Osim ovih, i druga istraživanja s upotrebom istih ali i drugih metoda, utvrdila su mogućnost prehrane školjkaša od strane viška nutrijenata uzgoja riba (Yokoyama i sur. 2002; 2006; Gao i sur. 2006; MacDonald i sur. 2011; Reid i sur. 2010) te pozivaju na daljnja istraživanja u ovom području.

Analiza stabilnih izotopa definitivno je snažan alat pri istraživanju izvora i razlika u prehrani školjkaša (Kang i sur. 1999; Lorraine i sur. 2002). Ipak, kako su utvrđeni određeni nedostaci ove metode (Caut i sur. 2008; Wolf i sur. 2009), metoda se ne može smatrati potpuno pouzdanom za donošenje isključivih zaključaka o načinima prehrane školjkaša, posebice kada je teško pratiti sve faktore koji na nju utječu, kao što je slučaj u uvjetima integralne akvakulture školjkaša i ribe (Troell i sur. 2011). Primjerice, različiti rezultati analiza stabilnih izotopa mogu se dobiti ovisno o uzorkovanom tkivu, kondiciji ili stadiju uzorka, kao i periodu uzorkovanja (Tieszen i sur. 1983; Gannes i sur. 1997; Lorrain i sur. 2002; Caut i sur. 2008). Sastav stabilnih izotopa u provedenom istraživanju bio je sličan onima koje je uočio i Dolenc (neobjavljeni podaci) kod nekoliko dužinskih kategorija kunjke *Arca noae*, uzorkovane na različitim postajama u blizini otoka Murtera (srednji Jadran). U ovom istraživanju uočena je velika varijabilnost sastava stabilnih izotopa koja se kretala u rasponu od -20,8 do -17,7‰ za  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  i od 3,6 do 8,6‰ za  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ . Iako su vrijednosti iz ova dva istraživanja slične, direktna usporedba podataka ipak nije moguća, s obzirom da se u istraživanju od Dolenc (neobjavljeni podaci) pri uzorkovanju koristilo meso cijelog školjkaša, za razliku od provedenog istraživanja gdje su

odvojeno analizirana tkiva mišića i digestivne žlijezde uzorka sastavljenog od 5 školjkaša istih dužinskih kategorija.

U provedenom istraživanju utvrđene su značajno više vrijednosti  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u tkivu mišića kunjke u odnosu na digestivnu žlijezdu. Također, najviše vrijednosti izotopnog sastava  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  uočene su u proljetnom periodu (svibanj 2009. godine). Razlike ovisno o uzorkovanom tkivu i periodu godine uočili su i Lorrain i sur. (2002) za vrstu *Pecten maximus* (Linnaeus, 1758), koji su također utvrdili viši sastav stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u tkivu mišića u odnosu na gonade i digestivnu žlijezdu, te najviše vrijednosti u proljetnom periodu.

Iako u istraživanju nisu analizirani sastavi stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  u potencijalnim izvorima hrane školjkaša, studije prethodno provedene u istom akvatoriju (otok Murter) (Dolenec i sur. 2007; 2011) mogu poslužiti kao dobar indikator za usporedbu. Prema Dolenec i sur. (2007), vrijednosti stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u organskoj tvari prikupljenoj u neposrednoj blizini uzgajališta lubina *Dicentrarchus labrax* i komarče *Sparus aurata* bile su povišene tijekom toplijeg dijela godine, i kretale su se u rasponu od 4,5 do 5,5‰. Nasuprot tome, na referentnim postajama gdje nije bilo utjecaja aktivnosti uzgoja vrijednosti  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  bile su značajno niže, te su se kretale u rasponu od 2,6 do 3,3‰. Slične vrijednosti sastava  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u organskoj tvari zabilježili su i Dolenec i sur. (2011) – referentne postaje imale su raspon vrijednosti  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  od 1,8 do 4,0‰, dok su u zaljevu s pojačanim ulazom organske tvari vrijednosti bile značajno više, te u rasponu od 2,9 do 6,4‰. Kad se usporede podaci iz ovih studija s rezultatima iz provedenog istraživanja u istim periodima godine, utvrđeni raspon sastava stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  od 4,0 do 6,7‰, upućuje na organsku tvar kao važan izvor hrane za kunjku. Ipak, kako koncentracija stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  u organskoj tvari može varirati ovisno o sastavu sestona u morskoj vodi, potrebno je provesti istraživanja na različitim frakcijama organske tvari.

Rezultati ovog istraživanja upućuju da proces uvođenja kunjke *Arca noae* u akvakulturu zahtijeva inovativniji pristup u odnosu na druge vrste školjkaša u komercijalnom uzgoju. Primjerice, detaljna istraživanja potaknutog mriješta kod kunjke zasad nisu napravljena te je u slučaju pokretanja uzgoja vjerojatnija opcija prikupljanje mlađi iz prirodnog staništa pomoću kolektora i premještanje na uzgajalište. Ova varijanta zahtijeva provođenje istraživanja s ciljem utvrđivanja povoljnih lokacija za prikupljanje mlađi, odgovarajućih vrsta, dubine i vremena postavljanja kolektora. Uspješno prikupljanje mlađi iz prirodnih staništa zahtijeva znanja o biologiji vrste, njezinom reproduktivnom ciklusu i obrascima mriješta, a pozornost treba obratiti na lokaciju i lokalne uvjete u kojima se populacija nalazi (Gosling, 2003). Prijašnja istraživanja

koja opisuju indeks kondicije i reproduktivni ciklus kunjke (Peharda i sur., 2003a; 2006) mogu poslužiti kao obrazac pri planiranju aktivnosti prikupljanja mlađi. Kako period mrijesta može varirati sezonski i između pojedinih lokacija, za bolju uspješnost prikupljanja mlađi potrebno je pratiti stanje razvoja gonada na željenoj lokaciji. Vrhunac mrijesta kunjke može se relativno lako predvidjeti praćenjem vrijednosti indeksa kondicije, jer su Peharda i sur. (2006) pronašli snažnu korelaciju između indeksa kondicije i stupnja razvoja gonada. Na ovaj način izbjegava se provođenje tehnički kompliciranije i puno skuplje histološke analize gonada. Pravilnim predviđanjem perioda mrijesta mogu se znatno poboljšati rezultati prikupljanja mlađi, posebno stoga što se učinkovitost kolektora, zbog obraštaja algama i neželjenim vrstama, smanjuje već u periodu od dva tjedna do jednog mjeseca (Brand i sur. 1980; Peharda & Onofri 2000).

Sezonalne promjene okolišnih uvjeta, visoki ribolovni pritisak na prirodne populacije te konflikti s ostalim aktivnostima na moru često stvaraju probleme svim uzgajivačima koji ovise o mlađi iz prirode (FAO, 2004). Nedostatak mlađi iz prirodnih staništa dosta je česta pojava te je stoga jedna od mogućnosti u budućnosti okretanje prema proizvodnji mlađi školjkaša u mrjestilištima. Prema FAO (2004) u bliskoj budućnosti važnost proizvodnje mlađi školjkaša u mrjestilištima bit će sve veća, posebno kako se sve više napora ulaže da se proizvedu genetički kvalitetni školjkaši s poželjnim osobinama prilagođenim uvjetima uzgoja. Ovo je područje u kojem se može provesti niz istraživanja potaknutog mrijesta kunjke. Buduća istraživanja trebaju se bazirati na pronalasku najboljih tehnika mrijesta, povećanju plodnosti, pronalasku odgovarajuće hrane za ličinke i najranije stadije, prihvat ličinki, rasta u rasadnicima itd.

Sljedeći je korak u razvoju tehnologije uzgoja kunjke pronalazak pravilnog načina uzgoja od predrasta do postizanja tržišne veličine. Istraživanja treba usmjeriti prema pronalasku optimalne tehnike uzgoja (primjerice pergolari, plastični kavezi i slično), utjecaju nasadne veličine, gustoće i dubine uzgoja na rast i preživljavanje kunjke. Pronađena tehnologija trebala bi rezultirati visokom stopom preživljavanja, brzim prirastom i dobrim indeksom kondicije, kao indikatorom kvalitete mesa. Pritom bi posebnu pozornost trebalo obratiti na nasadnu gustoću i veličinu prilikom prebačaja mlađi na uzgojnu lokaciju. Iako je u istraživanju Peharda i sur. (2003a) s povećanjem gustoće populacije uočen sporiji rast kunjke, kod drugih vrsta je zabilježeno da u uvjetima kada ima dovoljno raspoložive hrane, veća nasadna gustoća ne izaziva nužno i sporiji rast. Tako su Lauzon-Guay i sur. (2005) kod uzgoja dagnje (*Mytilus edulis*) utvrdili da veća nasadna gustoća ne uzrokuje sporiji rast ljuštare, ali ipak utječe na niži indeks kondicije i veći postotak mortaliteta što u konačnici ne dovodi do željenog povećanja profitabilnosti. Kako bi se bilo kakva tehnika uzgoja bitno razlikovala od načina života u prirodi,



navedena istraživanja ukazala bi na mogućnost adaptacije kunjke u izmijenjenim uvjetima, što do sad nije dovoljno istraženo. Određene biološke značajke kunjke govore da bi mogla imati sposobnost uzgoja u izmijenjenim uvjetima. Na primjer, kunjka je rasprostranjena duž čitave obale Jadrana, na lokacijama s različitim ekološkim uvjetima, uključujući i različite dubine, salinitete, temperaturu i količinu dostupne hrane (Peharda i sur. 2002; 2003a, 2006). U istraživanju Morton & Peharda (2006) i Šimunović (2011) uočene su određene značajke ove vrste koje bi mogle biti od velike važnosti prilikom manipulacije školjkašima u uzgoju. Mogućnost sekrecije i obnove bisusa, koja kod kunjke traje tek nekoliko dana i pomicanje i do 20 cm na podlozi prije ponovnog prihvata za podlogu kunjke, važno je jer omogućuje svakoj individui prihvata nakon manipulacije i pronalazak bolje pozicije za hranjenje. Preživljavanje kunjke nakon transporta možda je i od ključne važnosti za uspješnost uzgoja te je potrebno odrediti stope preživljavanja u uzgoju kao i razviti odgovarajuće tehnike kojima bi se izbjegli visoki mortaliteti povezani s transferom mladih školjkaša.

Nakon eksperimentalnog razvitka tehnologije uzgoja potrebno je odrediti područja najpogodnija za uspostavu uzgoja. Pritom treba uzeti u obzir što više vrlo važnih faktora poput smještaja (udaljenosti od civilizacije) lokacije, tipa supstrata, dubine, izloženosti valovima, strujanja, saliniteta, količine dostupne hrane, kvalitete vode, utjecaja na okoliš i mogućeg sukoba s drugim aktivnostima na tom području. Za pretpostaviti je kako bi najpogodnija područja za uzgoj bila ona gdje su najgušća naselja kunjke u prirodi i gdje postoji tradicija njihovog izlova i plasmana na tržište. Ipak, osim biološke i tradicionalne pogodnosti područja za uzgoj, svakako treba uzeti u obzir i socijalne odnosno administrativne prepreke uzgoju. Primjerice, u Pašmanskom kanalu kao jednom od najbogatijih staništa na Jadranu zasad ne postoji komercijalni uzgoj školjkaša, te bi ovakav pokušaj zasigurno naišao na brojne administrativne prepreke. Nasuprot tome, za pretpostaviti je da u Lirskom kanalu, Malostonskom zaljevu ili ušću Krke, gdje već postoji duga tradicija uzgoja školjkaša, uzgoj bi kunjke sigurno bilo lakše uspostaviti u polikulturi s već prisutnom dagnjom i kamenicom.

U slučaju uspješnog savladavanja tehnologije induciranog mrijesta, održivo gospodarenje i povećanje produkcije kunjke moglo bi se ostvariti kroz razvoj ribolova zasnovanog na akvakulturi, takozvanog „sea ranchinga“. U ovakvom obliku proizvodnje potiče se održivi ribolov zasnovan na akvakulturi, odnosno uzgoju velikih količina visokokvalitetne mlađi. Proizvedena mlađ može se ispustiti na morsko dno unaprijed određene proizvodne zone, gdje će namjenskim alatima biti izlovljena od strane koncesionara područja. Ovakav vid proizvodnje djeluje vrlo obećavajuće, a razvoj industrije s dobrim rezultatima i zaposlenjem nekoliko tisuća

ljudi već se odvija u Kini i Japanu gdje se uzgajaju školjkaši, puževi, rakovi i trpovi (Bell i sur., 2008). Prednosti su ovakvog uzgoja smanjenje troškova (u odnosu na klasičnu metodu uzgoja), obnavljanje prirodnih populacija, kontrola izlova i održivo gospodarenje. Ipak, postoji niz ograničenja u razvoju ovakvog načina iskorištavanja kunjke, koje bi trebalo razriješiti prije kretanja u proizvodnju. Glavne su prepreke razvoju ovog načina uzgoja, osim savladavanja inducirano mrijesta, i složenost procedure oko dobivanja koncesija nad određenim područjem, sukobi s drugim aktivnostima na moru (npr. turizmom), kao i nepostojanje ovakvog načina uzgoja na istočnoj obali Jadrana.

Rezultati istraživanja rasta i indeksa kondicije dagnje upućuju na izvrstan potencijal za produkciju dagnje na postojećim instalacijama uzgajališta riba na Jadranu. Posebno se to odnosi na brzinu rasta, odnosno potencijalni proizvodni ciklus dagnje u integralnoj akvakulturi, koji je po rezultatima istraživanja potpuno ravnopravan onima postignutim u tradicionalnim uzgojnim područjima. U istraživanju je utvrđen najbrži rast na udaljenosti od 60 m od kaveza što je vrlo bitno iz tehnoloških razloga jer upućuje na činjenicu da je integralna akvakultura školjkaša i riba izvediva s tehnološkog i praktičnog stajališta. Odnosno, uzgoj školjkaša može se odvijati na dovoljnoj udaljenosti od uzgajališta riba što omogućuje nesmetan rad i manipulaciju prilikom aktivnosti uzgoja riba, uz povoljan utjecaj na proizvodne parametre školjkaša na toj udaljenosti. Ipak, kako je ovo istraživanje provedeno na relativno malom broju uzoraka školjkaša, potrebno je provesti posebno istraživanje s ciljem demonstracije tehnološke izvedivosti integralne akvakulture školjkaša i ribe na Jadranu.

Princip integralne akvakulture školjkaša i ribe mogao bi u praksi imati više načina primjene. Prva opcija ovog vida proizvodnje mogla bi se provoditi na način da uzgajivači riba ulože dodatno vrijeme odnosno sredstva u komercijalnu proizvodnju školjkaša. Odnosno, da se obraštaj s instalacija uzgajališta, umjesto tretiranja kao otpada koji treba ukloniti, koristi kao nasadni materijal za daljni uzgoj u blizini uzgajališta po principu integralne akvakulture. Ipak, iskustva na terenu (Lovrinov, usmeno priopćenje) ukazuju da pojedini uzgajivači, iako su svjesni velikog tržišnog potencijala obraštaja na instalacijama uzgajališta diljem hrvatske strane Jadrana, zbog velikog obujma posla koji zahtijeva intenzivni uzgoj riba nisu spremni na dodatno proširenje svojih djelatnosti i ulaganje u komercijalnu proizvodnju školjkaša putem iskorištavanja obraštaja na farmi. Stoga kao drugu od mogućih opcija za uzgajivače treba razmotriti i mogućnost da korisnici koncesijskih površina za uzgoj riba iskorištavaju obraštaj na način da ga prikupljaju s instalacija uzgajališta i distribuiraju zainteresiranim uzgajivačima školjkaša, na obostranu korist. Čišćenje instalacija kaveza od obraštaja jedna je od nužnih

zootehničkih mjera pri kaveznom uzgoju riba zbog osiguravanja nesmetanog protoka mora kroz mreže i smanjenja pritiska velike mase obraštaja na instalacije kaveza (mreže, konope, bove) (Lovrinov, usmeno priopćenje). Iz tog razloga, s navedenim načinom iskorištavanja školjkaša, uzgajivači riba bili bi u mogućnosti ostvariti dodatne prihode bez zahtijevanja dodatnih ulaganja u proizvodnju. S druge strane, zainteresirani proizvođači školjkaša imali bi na raspolaganju velike količine mlađi školjkaša za nasad na postojećim uzgajalištima, čime bi se smanjila njihova ovisnost o dostupnosti mlađi školjkaša iz prirode i omogućio im se nasad školjkaša tijekom cijele godine. Ova je činjenica posebno korisna iz praktičnih razloga jer bi omogućila raspoređivanje obavljanja poslova nasada školjkaša tijekom cijele godine. Kao treću opciju izvedivosti integralne akvakulture školjkaša i ribe treba razmotriti i mogućnost da se u zonama za akvakulturu namijenjenim kaveznom uzgoju riba, a za koje se utvrdi da odgovaraju higijensko-sanitarnim uvjetima za proizvodnju školjkaša, omogući zainteresiranim pojedincima postavljanje uzgajališta školjkaša u blizini kaveza s ribom. U ovom slučaju, koji bi značajno povećao efektivnost iskorištavanja zona za akvakulturu, morao bi se razviti simbiotski odnos već postojećih uzgajivača riba s novopridošlim uzgajivačima školjkaša, koji bi trebao rezultirati obostranim prethodno navedenim koristima. U svim navedenim opcijama do izražaja bi došle osnovne karakteristike integralne akvakulture – smanjenje negativnog utjecaja na okoliš putem deponiranja manje količine obraštajnih organizama na morsko dno i efikasnijeg korištenja nutrijenata, povećanje produktivnosti proizvodnje kroz povećanje prihoda po jedinici površine i diverzifikaciju proizvodnje te racionalnije korištenje visoko vrijednog obalnog prostora (Stirling & Okomus 1995; Chopin i sur. 2001; Troell i sur. 2003; Chopin & Robinson 2006; Lander i sur. 2004; Neori i sur. 2004; FAO, 2009; Sarà i sur. 2009; Troell i sur. 2009).

Velika prednost u principu integralne akvakulture proizlazi i iz činjenice da se u blizini svih postojećih uzgajališta riba pa tako i u području istraživanja (Žižanj – Košara), kao dominantni obraštajni organizam pojavljuje upravo dagnja (Bavčević, usmeno priopćenje). Kako je osnovni uvjet proizvodnje određen količinom dostupne mlađi, može se zaključiti da u uvjetima integralne akvakulture postoji izrazito veliki potencijal za razvoj ovog školjkaša na Jadranu.

Prema podacima Ministarstva Poljoprivrede iz 2012. godine, (<http://www.mps.hr/ribarstvo/default.aspx?id=14>) u Hrvatskoj se uzgojem bijele ribe bavi 35 tvrtki na 47 različitih lokacija te 5 tvrtki koji se bave uzgojem tuna na dodatnih 10 lokacija. Današnje stanje vrlo je slično onome iz prošlog desetljeća koje navodi Katavić (2004), kada je bilo izdano 35 koncesija za uzgoj bijele ribe i 10 koncesija za uzgoj tuna, koje su zauzimale

morski prostor od 737.000 m<sup>2</sup>, uz veliki broj manjih uzgajivača školjkaša čija se ukupna proizvodnja odvijala na površini od oko 100.000 m<sup>2</sup>. Na svim instalacijama uzgajališta kao dominantni obraštajni organizam pojavljuje se dagnja (*Mytilus galloprovincialis*) čiji nasad po metru dužine potopljenog konopa može iznositi od 5 – 7 kg (Karayücel i sur. 2010). Uz dominantnu dagnju, zastupljene su i kamenica (*Ostrea edulis*) te male kapice (*Mimachlamys varia* (Linnaeus, 1758) i *Aequipecten opercularis* (Linnaeus, 1758)). U slučaju kada bi se na 15% morske površine na kojoj se odvija aktivnost uzgoja riba integrirao uzgoj školjkaša, automatski bi se udvostručila površina na kojoj se trenutno u Hrvatskoj provodi uzgoj školjkaša. Uobičajena dužina mrežastog pergolara s konzumnim školjkašima je oko 2 – 2,5 m, koji u trenutku izlova teži oko 15 kg te se postavlja na liniji u razmaku od oko 0,5 m čime se ostvaruje prosječna težina od oko 30 kg konzumnih dagnji po metru uzgojne linije (Bavčević, usm.priopćenje). Do sad nisu provedena istraživanja o mogućem kapacitetu uzgoja školjkaša na postojećim uzgajalištima. Međutim, prema praktičnim iskustvima na terenu, može se doći do zaključka kako bi se prikupljanjem postojećeg obraštaja i daljnjeg uzgoja dagnji na instalacijama kaveza s ribom, primjenom integralne akvakulture na Jadranu, na navedenih 15% površina moglo relativno jednostavno proizvesti preko 3.000 tona nasadnih ili konzumnih dagnji, što je jednako cijeloj sadašnjoj hrvatskoj proizvodnji ( $30 \text{ kg/m} \times 100,000 \text{ m} = 3.000 \text{ tona}$ ). Kako je zabilježeno da je brzina rasta dagnji ovisnija o količini raspoložive hrane nego o dubini na kojoj se uzgaja (Karayücel & Karayücel 2000; Garen i sur. 2004), primjenom drugačije tehnologije s puno dužim pergolarima koji bi bolje iskorištavali dubinu stupca vode količina proizvedenih dagnji mogla bi se još dodatno povećati. Integralni uzgoj ostalih vrsta školjkaša koje se pojavljuju kao obraštaj na farmama riba zahtijevao bi nešto složeniju tehnologiju koja bi se bazirala na pravilnom postavljanju kolektora za prikupljanje mlađi i odgovarajućem načinu nastavka uzgoja. Istraživanja ove vrste tek treba provesti kako bi se utvrdile mogućnosti proizvodnje drugih vrsta. Trenutno je na cijeloj obali istočnog Jadrana određena samo jedna zona za marikulturu u kojoj je predviđen uzgoj ribe i školjkaša u istom uzgojnom području – zona Z1 u Zadarskoj županiji. Iako je Studija utjecaja na okoliš za zonu marikulture Z1 „Košara – Žižanj“ objavljena 2009. godine (OIKON, 2009), komercijalna proizvodnja školjkaša u ovom području nije nikad započela. Također, monitoring zdravstvene pogodnosti za uzgoj školjkaša u zoni Z1 još nije proveden, nije predviđen ni nosivi kapacitet zone za proizvodnju školjkaša, a nitko od predstavnika uzgajivača nije zatražio dopuštenje za pokretanje proizvodnje školjkaša. Nužnost je provođenje opsežnog istraživanja s ciljem utvrđivanja kvalitete, kapaciteta proizvodnje, ekonomske isplativosti te tržišne i socijalne prihvatljivosti integralnog uzgoja školjkaša i ribe. Zona Z1, u kojoj je predviđena primarna djelatnost marikultura, kao najveće područje za uzgoj

bijele ribe na Jadranu i kao zona u kojoj su poduzeti određeni legislativni preduvjeti za uspostavu integracije školjkaša i ribe, svakako predstavlja idealan poligon za uspostavu potrebnog znanstvenog istraživanja.

Ipak, proizvodnja školjkaša u integralnoj akvakulturi ima i određenih ograničenja. Primjerice, prema dobivenim rezultatima, poteškoće u razvoju komercijalne proizvodnje dagnje u integraciji s ribom mogla bi predstavljati popunjenost dagnji mesom. Naime, tržišna potražnja za morskim plodovima pa tako i mesom dagnje izrazito je povećana tijekom ljetnih mjeseci zbog turističke sezone. Činjenica da su u periodu od srpnja do rujna, vjerojatno zbog potrošenih energetske zaliha uslijed proljetnog mrijesta i pada primarne produkcije zabilježene niske vrijednosti indeksa kondicije, mogla bi izazvati probleme u marketingu i prodaji školjkaša u ljetnim mjesecima. Rezultati istraživanja upućuju na jesensko-zimski period kao optimalno vrijeme za iskorištavanje dagnji, te je stoga potrebno razraditi marketinški plan za prodaju školjkaša u svježem stanju u ovom periodu, kada je potražnja na tržištu uobičajeno smanjena. Jedno od mogućih rješenja može biti otvaranje objekata za preradu dagnji i stvaranje proizvoda produljene trajnosti, čime bi se povećali izgledi za plasman na tržište. Ovo je od posebne važnosti stoga što zabrana izvoza školjkaša iz Hrvatske u zemlje EU vrijedi samo za školjkaše u svježem stanju, a ne za prerađene proizvode.

Rezultati istraživanja ukazuju da je pokušaj uzgoja kunjke *Arca noae*, s obzirom na veliku osjetljivost ovog školjkaša prilikom manipulacije, puno kompleksniji u odnosu na druge vrste u komercijalnom uzgoju, poput dagnje ili kamenice. Najveće prepreke uvođenju u komercijalnu akvakulturu predstavljaju vrlo spora stopa rasta i slabo preživljavanje nakon transporta. Stoga je provođenje istraživanja s ciljem poboljšanja preživljavanja nakon transporta nužnost koju treba provesti u različitim periodima godine kako bi se testirao utjecaj različitih okolišnih uvjeta na preživljavanje. Rezultati istraživanja potencijala kunjke kao kandidata za uvođenje u akvakulturu pokazuju da ova vrsta nije pogodna za klasičnu metodu linijskog uzgoja školjkaša, koja je tradicionalno u primjeni na Jadranu pri uzgoju dagnje i kamenice. Stoga je potrebno ispitati alternativne metode uzgoja kunjke s namjerom da se proizvodni ciklus ovog školjkaša smanji na najkraće vremensko razdoblje. Treba razmotriti i mogućnosti uspostave održivog ribolova temeljenog na induciranom mrijestu i ribolova u koncesijskim područjima te repopulacije prirodnih staništa. Otvaranje velikog tržišta EU za hrvatske proizvođače školjkaša moglo bi uzrokovati pojačanje ribolovnog intenziteta na prirodne populacije školjkaša pa tako i kunjke, dovodeći u konačnici do pretjerane eksploatacije s mogućim fatalnim ishodom za prirodne populacije. Iako ne postoje precizni podatci o trenutnim izlovljenim količinama,

određeni pokazatelji na terenu ukazuju na smanjivanje brojnosti prirodnih populacija uslijed pretjeranog izlova (Bavčević, usm. priop.). Svakako da današnje stanje gdje ima vrlo malo podataka o intenzitetu izlova, strukturi i dinamici populacije i kapacitetu proizvodnje nije dugoročno održivo. Kako su u istraživanju svi školjkaši bili spolno zreli pri završetku eksperimenta, te su u blizini uzgajališta riba zabilježene povećane vrijednosti indeksa kondicije u određenim dijelovima godine, princip integralne akvakulture mogao bi se primijeniti za uzgoj matičnog stoka ovog školjkaša koji bi promovirao novačenje mlađi kunjke prirodnih populacija u Pašmanskom kanalu.

Može se zaključiti kako je razvoj integralne akvakulture na Mediteranu pa tako i u Jadranskom moru na samim počecima. Najveću prepreku svim važnijim sudionicima u akvakulturi, poput državnih upravnih tijela, industrije, uzgajivača i javnosti, stvara manjak kvalitetnih informacija o mogućnostima razvoja integralne akvakulture. Iako bi se brojni primjeri zabilježeni izvan Mediterana mogli primijeniti kao vodič u razvoju, zbog specifičnosti cijeloga mediteranskog područja potrebno je ispitati primjenu integralne proizvodnje u praksi. Rezultati ovog istraživanja daju dobar uvid u najvažnije biološke parametre vezane uz proizvodnju dagnje. Međutim, daljnju pozornost treba obratiti na moguće negativne posljedice uzgoja različitih skupina organizama na istoj lokaciji poput mogućnosti prijenosa bolesti, antibiotika ili raznih onečišćivača između različitih skupina integriranih organizama. Također je potrebno podići razinu informiranosti prema krajnjim korisnicima, širokoj javnosti i donosiocima zakona i pravilnika kako bi se podigla razina svijesti o integralnoj akvakulturi i ubrzala njena komercijalna primjena. Osnovni je preduvjet za komercijalni razvoj integralne akvakulture na Jadranu prepoznavanje od strane uzgajivača i legislativnih tijela o potencijalima za unapređenje akvakulture koje donosi ovaj njezin oblik. Javna tijela državne uprave, na temelju znanstveno dokazanih činjenica, trebala bi informirati i potaknuti gospodarstvenike o mogućnostima razvoja integralne akvakulture, a osnovni korak je provođenje monitoringa školjkaša u zonama namijenjenim uzgoju riba i proširenje istih područja u proizvodne zone za integralni uzgoj riba i školjkaša.

## 6. ZAKLJUČCI

Na osnovu provedenog istraživanja može se zaključiti:

1. Zabilježene vrijednosti abiotskih parametara uključujući temperaturu, salinitet i zasićenost kisikom bile su slične na svim postajama uzorkovanja.
2. U razdoblju od studenog 2008. godine do ožujka 2010. godine koncentracija klorofila *a* varirala je s obzirom na period i postaju uzorkovanja, iako zabilježene razlike nisu bile statistički značajne. Nešto više vrijednosti ovog parametra zabilježene su u blizini kaveza za uzgoj ribe u usporedbi s kontrolnim postajama.
3. Stopa mortaliteta dagnje tijekom 12 mjeseci istraživanja iznosila je 11,7% i dijelom je uzrokovana predacijom komarče.
4. Prirast dagnji nakon 10 mjeseci bio je značajno viši na lokaciji udaljenoj 60 m od uzgajališta u odnosu na lokaciju uz kaveze s ribom te kontrolnu postaju. Uočen je izraziti sezonski rast dagnji, s fazom najbržeg rasta u periodu od ožujka do svibnja, te najsporijeg rasta u periodu od srpnja do rujna na svim postajama uzorkovanja.
5. Statistički značajne razlike u vrijednosti indeksa kondicije dagnje zabilježene su u svim mjesecima osim u lipnju, srpnju i listopadu 2006. godine. Indeks kondicije dagnje bio je viši na lokaciji 0 m od uzgajališta u odnosu na druge lokacije u periodu od rujna 2005. godine do travnja 2006. godine (osim u veljači). U svibnju, kolovozu i rujnu 2006. godine školjkaši s postaje P<sub>2</sub> imali su najviše izmjerene vrijednosti indeksa kondicije.
6. Stopa preživljavanja kunjke u prvom istraživanju nakon 15 mjeseci iznosila je 20,1%, a u drugom istraživanju nakon 12 mjeseci 20,5%. Najveća stopa mortaliteta zabilježena je tri mjeseca nakon postavljanja eksperimenta te je najvjerojatnije uzrokovana stresom vezanim za transport i markiranje jedinki. Nadalje, utvrđeno je da manje jedinke kunjki imaju nešto veću stopu mortaliteta od većih jedinki. Dio mortaliteta, posebice na kontrolnoj postaji u Pašmanskom kanalu, uzrokovan je predacijom od strane volka *Hexaplex (Trunculariopsis) trunculus*.

7. Zabilježena je spora stopa rasta kunjke na svim lokacijama s prosjekom prirasta za sve uzorke od samo  $1,78 \pm 1,98$  mm/godina.
8. Statistički značajne razlike u indeksu kondicije kunjke s obzirom na udaljenost od uzgajališta riba zabilježene su u ukupno 6 mjeseci istraživanja, od čega su u četiri mjeseca bila najviša na lokaciji pored kaveza s ribom. Vrijednosti indeksa kondicije kunjke u skladu su s prethodno provedenim istraživanjima indeksa kondicije ove vrste.
9. Utvrđen je omjer spolova od 1,8 : 1,0 u korist mužjaka kunjke te je utvrđena i statistički značajna razlika između dužina mužjaka ( $L = 52,60 \pm 8,66$  mm) i ženki kunjke ( $L = 60,18 \pm 9,52$  mm).
10. Sastav stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  kunjke nije varirao s obzirom na postaju uzorkovanja. Sastav stabilnih izotopa  $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$  i  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  bio je viši u tkivu mišića u odnosu na tkivo probavne žlijezde kunjke.
11. Proizvodni ciklus dagnje u uvjetima integralne akvakulture s ribom jednak je onima u tradicionalnim uzgojnim područjima na Mediteranu.
12. Zbog slabog postotka preživljavanja i vrlo sporog prirasta, kunjka nije pogodna za klasični linijski uzgoj školjkaša koji je tradicionalno zastupljen na Jadranu.



## 7. LITERATURA

- Afiati, N. 2007. Gonad maturation of two intertidal bloodclams *Anadara granosa* (L.) and *Anadara antiquata* (L.) (Bivalvia: Arcidae) in Central Java. *J. Coastal Dev.* 10, 105–113.
- Almada-Viella, P.C., J. Davenport & L.L.D. Gruffydd. 1982. The effects of temperature on the shell growth of young *Mytilus edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 59: 275–288.
- Aral, O. 1999. Growth of The Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lam., 1819) on Ropers in The Black Sea, Turkey. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 23: 183–189.
- Barazi-Yeroulanos, L. 2010. Synthesis of Mediterranean Marine Finfish Aquaculture – a Marketing and Promotion Strategy. In: Studies and review No. 88. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, FAO, 219pp.
- Barington, K., N. Ridler, T. Chopin, S. Robinson & B. Robinson. 2010. Social aspects of the sustainability of integrated multi-trophic aquaculture. *Aquacult. Int.*, 18: 201–211.
- Batzios, C., P. Angelidis, E.P. Papapanagiotou, D.K. Moutopoulos, C.H. Anastasiadou & V. Chrisopolitou. 2004. Greek consumer's image of the cultured mussel market. *Aquacult. Int.*, 12: 239–257.
- Bavčević, L. & M. Lovrinov. 2006. Hrana za kavezni uzgoj lubina i komarče – Razvoj i perspektive. *Ribarstvo*, 64(3): 103–112.
- Beaumont, A. R., T. Gjedrem & P. Moran. 2006. Blue mussel – *Mytilus edulis* and Mediterranean mussel - *M. galloprovincialis*. In: "Genetic effects of domestication, culture and breeding of fish and shellfish, and their impacts on wild populations" D. Crosetti, S. Lapegue, I. Olesen, T. Svaasand (eds). GENIMPACT project: Evaluation of genetic impact of aquaculture activities on native populations. A European network WP1 workshop, "Genetics of domestication, breeding and enhancement of performance of fish and shellfish, Viterbo, Italy, 12-17th June, 2006, 6pp.
- Bell, J. D., K. M. Leber, H. L. Blankenship, N. R. Loneragan & R. Masuda. 2008. A new era for restocking, stock enhancement and sea ranching of coastal fisheries resources. *Rev. Fish. Sc.*, 16(1-3): 1–9.
- Benović, A. 1997. The history, present condition, and future of the molluscan fisheries of Croatia. In: The History, Present Condition, and Future of the Molluscan Fisheries of North and Central America and Europe, Vol. 3 (ed. by C.L. Mackenzie Jr., V.G. Burrell Jr., A. Rosenfield & W.L. Hobart), pp. 217–226, NOAA Technical Report NMFS 129. U.S. Department of Commerce, Washington, DC, USA.

- Braby, C.E. & G.N. Somero. 2006. Ecological gradients and relative abundance of native (*Mytilus trossulus*) and invasive (*Mytilus galloprovincialis*) blue mussels in the California hybrid zone. *Mar. Biol.*, 148: 1249–1262.
- Brand, A. R., J. D. Paul & J. N. Hoogesteger. 1980. Spat settlement of the scallops *Chlamys opercularis* (L.) and *Pecten Maximus* (L.) on artificial collectors. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, 60: 379–390.
- Bratoš, A., B. Glamuzina & A. Benović. 2004. Hrvatsko školjkarstvo – prednosti i ograničenja. *Naše more*, 51: 1–2.
- Broom, M.J. 1982. Analysis of growth of *Anadara granosa* (Bivalvia: Arcidae) in natural, artificially seeded and experimental populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9: 69–79.
- Broom, M.J. 1983. Gonad development and spawning in *Anadara granosa* (L.) (Bivalvia: Arcidae). *Aquaculture*, 30: 211–219.
- Broom, M.J. 1985: Biology and Culture of Marine Molluscs of the Genus *Anadara*. ICLARM Studies and Reviews, 12, 37pp.
- Caut, S., E. Angulo & F. Courchamp. 2008. Caution on isotopic model use for analyses of consumer diet. *Can. J. Zool.*, 86: 438–445.
- Ceccherelli, V.U. & R. Rossi. 1984. Settlement, growth and production of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 16: 173–184.
- Chávez-Crooker, P. & J. Obrique-Contreras. 2010. Bioremediation of aquaculture wastes. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 21: 313–317.
- Cheshuk, B.W., G.J. Purser & R. Quintana. 2003. Integrated open-water mussel (*Mytilus planulatus*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) culture in Tasmania. *Australia. Aquaculture*, 218: 357–378.
- Chopin, T., A. H.C. Buschmann Halling, M. Troell, N. Kautsky, A. Neori, G.P. Kraemer, J.A. Zertuche-González, C. Yarish & C. Neefus. 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key towards sustainability. *J. Phyc.*, 37: 975–986.
- Chopin, T. & S. Bastarache. 2004. Mariculture in Canada: Finfish, shellfish and seaweed. *World Aqua.*, 35(3): 37–41.
- Chopin, T. & S.M.C. Robinson. 2004. Defining the Appropriate Regulatory and Policy Framework for the Development of Integrated Multi-Trophic Aquaculture Practices: Introduction to the Work shop and Positioning of the Issues. *B. Aquac. Ass. Can.*, 104(3): 4–10.
- Chopin, T., S. Robinson, M. Sawhney, S. Bastarache, E. Belyea, R. Shea, W. Armstrong, I. Stewart & P. Fitzgerald. 2004. The AquaNet Integrated Multi-Trophic Aquaculture

- Project: Rationale of the Project and Development of Kelp Cultivation as the Inorganic Extractive Component of the System. *B. Aquac. Ass. Can.*, 104(3): 11–18.
- Chopin, T. & S. Robinson. 2006. Rationale for Developing Integrated Multi-trophic Aquaculture (IMTA): an example from Canada. *Fish Farm. Mag.*, January/February 2006: 20–21.
- Chopin, T., M. Troell, G. Reid, D. Knowler, S.M.C. Robinson, A. Neori, A.H. Buschmann & S. Pang. 2010. Integrated Multi-Trophic Aquaculture – Part II. Increasing IMTA Adoption. *Glob. Aquacult. Advoc.*, 13(E3): 17–21.
- Christoffersen, G., G. Román, J. Gallagher & T. Magnesen. 2008. Post-transport recovery of cultured scallop (*Pecten maximus*) spat, juveniles and adults. *Aquacult. Int.*, 16(2): 171–185.
- Coustau, C., F. Renaud & B. Delay. 1991. Genetic characterization of the hybridization between *Mytilus edulis* and *M. galloprovincialis* on the Atlantic Coast of France. *Mar. Biol.*, 111: 87–93.
- Corner, R.A., A.J. Brooker, T.C. Tefler & L.G. Ross. 2006. A fully integrated GIS – based model of particulate waste distribution from marine fish – cage sites. *Aquaculture*, 258: 299–311.
- Cranford, P.J. & J. Grant. 1990. Particle clearance and absorption of phytoplankton and detritus by the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 137:105–121.
- Dardignac-Corbel, M.J. 1990. Traditional mussel culture, In: *Aquaculture Vol. I*, D. G. Barnabe, (Ed.), Ellis Horwood Chichester, pp 284–341.
- Davenport, J. & X. Chen. 1987. A comparison of methods for the assessment of condition in the mussel (*Mytilus galloprovincialis*). *J. Moll. Stud.*, 53: 293–297.
- Degner, R.L., T.B. Southwell, L.N. Sturmer & K.L. Morgan. 2005. Marketing Opportunities for Two Ark Clam Species: Blood Ark Clams (*Anadara ovalis*) and Ponderous Ark (*Noetia ponderosa*), Shellfish Industry survey, Industry report 05–1, 92pp.
- Dolenec, M., S. Lojen, G. Kniewald, M. Dolenec & N. Rogan. 2007. Nitrogen stable isotope composition as a tracer of fish farming in invertebrates *Aplysina aerophoba*, *Balanus perforatus* and *Anemonia sulcata* in central Adriatic. *Aquaculture*, 262: 237–249.
- Dolenec, M., P. Žvab, G. Mihelčić, Ž. Lambaša Belak, S. Lojen, G. Kniewald, T. Dolenec & N. Rogan Šmuc. 2011. Use of stable nitrogen isotope signatures of anthropogenic organic matter in coastal environment: A case study of the Kosorina Bay (Murter Island, Croatia). *Geol. Croat.*, 64(2): 143–152.

- Dolmer, P. 1998. The interactions between bed structure of *Mytilus edulis* L. and the predator *Asterias rubens* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 228: 137–150.
- Dujmušić, A. 2000. Hrvatsko ribarstvo ispod površine. Robus media 2000. Zagreb. 215pp.
- Ezgeta-Balić, D., M. Najdek, M. Peharda & M. Blažina. 2012. Seasonal fatty acid profile analysis to trace origin of food sources of four commercially important bivalves. Aquaculture, 334-337: 89–100.
- FAO. 2004. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, FAO, 154pp.
- FAO. 2009. Integrated mariculture – a global review. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, FAO, 194pp.
- FAO. 2010. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, FAO, 218pp.
- Frankić, A. 2003. Integrated Coastal Management & Sustainable Aquaculture Development in the Adriatic Sea. Republic of Croatia. Zagreb, Croatia, June 15-18, 2003. Report. 81pp.
- Fuentes, J., V. Gregorio, R. Giraldez & J. Molares. 2000. Within-raft variability of the growth rate of mussels, *Mytilus galloprovincialis*, cultivated in the Ria de Arousa (NW Spain). Aquaculture, 189: 39–52.
- Gao, Q.F., P.K.S. Shin, G.H. Lin, S.P. Chen & S.G. Cheung. 2006. Stable isotope and fatty acid evidence for uptake of organic waste by green-lipped mussels *Perna viridis* in a polyculture fish farm system. Mar. Ecol. Prog. Ser., 317: 273-283.
- Gangnery, A., C. Bacher & D. Buestel. 2004. Application of a population dynamics model to the Mediterranean mussel, *Mytilus galloprovincialis*, reared in Thau Lagoon (France). Aquaculture, 229: 289–313.
- Gannes, L.Z., D. O'Brien & C. Martínez del Rio. 1997. Stable isotopes in animal ecology: assumptions, caveats, and a call for laboratory experiments. Ecology, 78: 1271–1276.
- Garen, P., S. Robert & S. Bougrier. 2004. Comparison of growth of mussel, *Mytilus edulis*, on longline, pole and bottom culture site in the Pertuis, Breton, France. Aquaculture, 232: 511–524.
- Gosling, E. & D. McGrath. 1990. Genetic variability in exposed – shore mussels, *Mytilus* spp., along an environmental gradient. Mar. Biol., 104: 413–418.
- Gosling, E. 1992. The mussel *Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture. Developments in aquaculture and fisheries science, Vol 25., Elsevier, Amsterdam, 589 pp.

- Gosling, E. 2003. Bivalve Molluscs – biology, ecology and culture. *Fishing News Books*, Blackwell Publishing, Oxford. 443pp.
- Hall, P.O.J., O. Holby, S. Kollberg & M.-O. Samuelsson. 1992. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 89: 81–91.
- Halwart, M. & M.V. Gupta. 2004. Culture of fish in rice fields. Food and Agriculture Organisation of the United Nations and The WorldFish Center, 83p.
- Holby, O. & P.O.J. Hall. 1991. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 70: 263–272.
- Hrs-Brenko, M. 1980. Preliminary survey of populations of the bivalve Noah's Ark (*Arca noae*, Linne) in the northern Adriatic Sea. *Aquaculture*, 21: 357–363.
- Hrs-Brenko, M. & M. Legac. 1996. A review of bivalve species in the eastern Adriatic Sea: II. Pteromorphia (*Arcidae* and *Noetidae*). *Nat. Croat.*, 5: 221–247.
- Jasprica, N., M. Carić, J. Bolotin & M. Rudenjak-Lukenda. 1997. The Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis* LMK) growth rate response to phytoplankton and microzooplankton population densities in the Mali Ston Bay (south Adriatic). *Period. Biol.*, 99: 255–264.
- Jones, T.O. & G.K. Iwama. 1991. Polyculture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (thurnberg), with Chinook salmon, *Onchorynchus tshawytscha*. *Aquaculture*, 92: 313–322.
- Kang, C.K., P.G. Sauriau, P. Richard & G.F. Blanchard. 1999. Food sources of the infaunal suspension-feeding bivalve *Cerastoderma edule* in a muddy sand flat of Marennes–Oleron Bay, as determined by analyses of carbon and nitrogen stable isotopes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 187: 147–158.
- Karayücel, S. & I. Karayücel. 2000. The effect of environmental factors, depth and position on the growth and mortality of raft-cultured blue mussels (*Mytilus edulis* L.). *Aquac. Res.*, 31: 893–899.
- Karayücel, S., M.Y. Çelik, I. Karayücel & G. Erik. 2010. Growth and Production of Raft Cultivated Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) in Sinop, Black Sea. *Turk. J. Fish. Aq. Sci.*, 10: 9–17.
- Katavić, I. 2003. Učinci kaveznih uzgajališta roba duž istočne obale Jadrana na morski okoliš. *Ribarstvo*, 61(4): 175-194.
- Katavić, I. 2004. Strateške smjernice za razvoj Hrvatske marikulture. *Naše more*, 52(1-2): 6–11.
- Katavić, I. 2006. Rizici eutrofikacije kao posljedica nekontrolirane hranidbe riba u kaveznom uzgoju riba. *Krmiva*, 48(3): 157–164.

- Lander, T., K. Barrington, S. Robinson, B. MacDonald & J. Martin. 2004. Dynamics of the blue mussel as an extractive organism in an integrated multi-trophic aquaculture system. *B. Aquac. Ass. Can.*, 104: 19–28.
- Langdon, C.J. & R.I.E. Newell. 1990. Utilization of detritus and bacteria as food sources by two bivalve suspension-feeders, the oyster *Crassostrea virginica* and the mussel *Geukensia demissa*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 58: 299–310
- Laudien, J. & M. Wahl. 1999. Indirect effects of epibiosis on host mortality: Seastar predation on differently fouled mussels. *Mar. Ecol.*, 20(1): 35–47.
- Lauzon-Guay, J.S., M. Dionne, M.A. Barbeau & D.J. Hamilton. 2005. Effects of seed size and density on growth, tissue-to-shell ratio and survival of cultivated mussels (*Mytilus edulis*) in Prince Edward Island, Canada. *Aquaculture*, 250: 652–665.
- Lefebvre S., L. Barille & M. Clerc. 2000. Pacific oyster *Crassostrea gigas* feeding responses to a fish farm effluent. *Aquaculture*, 187: 185–198.
- Lorraine, A., Y.M. Paulete, L. Chauvaud, N. Savoye, A. Donval & C. Saout. 2002. Differential  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  signatures among scallop tissues: implications for ecology and physiology. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 275: 47–61.
- MacDonald, B.A., S.M.C. Robinson & K.A. Barrington. 2011. Feeding activity of mussels (*Mytilus edulis*) held in the field at an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) site (*Salmo salar*) and exposed to fish food in the laboratory. *Aquaculture*, 314: 244–251.
- MacKenzie, C.L.J. 2001. The Fisheries for mangrove cockles, *Anadara* spp., from Mexico to Peru, with descriptions of their habitats and biology, the fishermen's lives, and the effects of shrimp farming. *Mar. Fish. Rev.*, 63:1–39.
- Marasović, I., Ž. Ninčević, G. Kušpilić, S. Marinović & S. Marinov. 2005. Long-term changes of basic biological and chemical parameters at two stations in the middle Adriatic. *J. Sea Res.*, 54: 3–14.
- Marin, A. & M.D. López Belluga. 2005. Sponge coating decreases predation on the bivalve *Arca noae*. *J. Mollusc. Stud.*, 71: 1–6.
- Mazzola, A., E. Favalaro & G. Sarà. 1999. Experiences of integrated mariculture in a southern Tyrrhenian area (Mediterranean Sea). *Aquac. Res.*, 30: 773–780.
- Mazzola, A. & G. Sarà G. 2001. The effect of fish farming organic waste on food availability for bivalve molluscs (Geata Gulf, Central Tyrrhenian, MED): stable carbon isotopic analysis. *Aquaculture*, 192: 367–379.
- McDonald, J.H., R. Seed & R.K. Koehn. 1991. Allozymes and morphometric characters of three species of *Mytilus* in Northern and Southern Hemispheres. *Mar. Biol.*, 111: 323–333.

- McGraw, K. A., M. Castagna & L.L. Conquest. 2001. A study of the arkshell clams, *Noetia ponderosa* (Say 1822) and *Anadara ovalis* (Bruguière 1789), in the oceanside lagoons and tidal creeks of Virginia. *J. Shell. Res.* 20: 185–195.
- Ministarstvo poljoprivrede, Uprava za ribarstvo (2012) <http://www.mps.hr/ribarstvo/default.aspx?id=14>, 14.03.2012.
- Mistri, M., R. Rossi & V.U. Ceccherelli. 1988. Growth and production of the ark shell *Scapharca inaequalvis* (Bruguière) in a lagoon of the Po river delta. *Mar. Ecol.*, 9(1): 35–49.
- Mišura, A., I. Jahutka, N. Skakelja, J. Suić & V. Franičević. 2008. Hrvatsko ribarstvo u 2007. godini. *Ribarstvo*, 66(4): 157–175.
- Morton, B. & M. Peharda. 2008. The biology and functional morphology of *Arca noae* (Bivalvia: Arcidae) from the Adriatic Sea, Croatia, with a discussion on the evolution of the bivalve mantle margin. *Acta Zool.*, 89: 19–28.
- Nakamura, Y. & Y. Shinotsuka. 2007. Suspension feeding and growth of ark shell *Anadara granosa*: comparison with ubiquitous species *Scapharca subcrenata*. *Fish. Sci.*, 73: 889–896.
- Narasimham, K.A. 1988. Biology of the blood clam *Anadara granosa* (Linnaeus) in Kakanida Bay. *J. Mar. Biol. Ass. India*, 30(1-2): 137–150.
- Narodne novine. (56/2002) Pravilnik o kriterijima pogodnosti pomorskog dobra za uzgoj riba i drugih morskih organizama .
- Narodne novine. (63/2010). Naredba o zaštiti riba i drugih morskih organizama.
- Navarrete-Mier, F., C. Sanz-Lázaro & A. Marin. 2010. Does bivalve mollusc polyculture reduce marine fin fish farming environmental impact? *Aquaculture*, 306:101–107.
- Naylor, R.L., R.J. Goldburg, J.H. Primavera, N. Kautsky, M.C.M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney & M. Troell. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405: 1017–1024.
- Neori, A., M. Shpigel & D. Ben-Ezra. 2000. A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. *Aquaculture*, 186: 279–291.
- Neori, A., G.P. Kraemer, J.A. Zertuche-González, C. Yarish & C. Neefus. 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key towards sustainability. *J. Phycol.*, 37: 975–986.
- Neori, A., T. Chopin, M. Troell, A.H. Buschmann, G.P. Kraemer, C. Halling, M. Shpigel & C. Yarish. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution, and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231: 361–391.

- Nielsen, M.V. & T. Störmgren. 1985. The effect of light on the shell length growth and defaecation rate of *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 47(2-3): 205–211.
- Nobre, A.M., D. Robertson-Andersson, A. Neori & K. Sankar. 2010. Ecological–economic assessment of aquaculture options: Comparison between abalone monoculture and integrated multi-trophic aquaculture of abalone and seaweeds. *Aquaculture*, 306: 116–126.
- Nordsieck, F., 1969. Die europä-ischen Meeresmuscheln (Bivalvia). Fischer Verl, Stuttgart. 256 pp.
- Noren, F., J. Haamer & O. Lindahl. 1999. Changes in the plankton community passing a *Mytilus edulis* mussel bed. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 191: 187–194.
- Ogilvie, S.C., AH Ross, MR James & DR Schiel. 2000. Phytoplankton biomass associated with mussel farms in Beatrix Bay, New Zealand. *Aquaculture* 181: 71–80.
- OIKON d.o.o. 2009. Zona marikulture Z1 – Košara – Žižanj. Studija utjecaja na okoliš – Sažetak. Zagreb. 32pp.
- Park, M.S., C.K. Kang & P.Y. Lee. 2001. Reproductive cycle and biochemical composition of the ark shell *Scapharca broughtonii* (Schrenck) in Southern coastal bay of Korea. *J. Shell. Res.*, 20(1): 177–184.
- Peharda, M. & V. Onofri. 2000. Pregled eksperimentalnog postavljanja polietilenskih vreća – kolektora za prikupljanje ličinki školjkaša. *Ribarstvo*, 58: 63–67.
- Peharda, M., C.A. Richardson, V. Onofri, A. Bratoš & M. Crnčević. 2002. Age and growth of the bivalve *Arca noae* L. in the Croatian Adriatic Sea. *J. Mollusc. Stud.*, 68: 307–310.
- Peharda, M., J. Bolotin, N. Vrgoč, N. Jasprica, A. Bratoš & B. Skaramuca. 2003a. A study of the Noah's ark shell (*Arca noae* Linnaeus, 1758) in Mali Ston Bay, Adriatic Sea. *J. Shell. Res.*, 22: 705–709.
- Peharda, M., A. Soldo, A. Pallaoro, S. Matić & P. Cetinić. 2003b. Age and growth of Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus*, (Linnaeus, 1758.) in the northern Adriatic Sea. *J. Shell. Res.*, 22: 639–642.
- Peharda, M., I. Mladineo, J. Bolotin, L. Kekez & B. Skaramuca. 2006. The reproductive cycle and potential protandric development of the Noah's Ark shell, *Arca noae* L. Implications for aquaculture. *Aquaculture*, 252: 317–327.
- Peharda, M. & B. Morton. 2006. Experimental prey species preferences of *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae) and predator–prey interactions with the Black mussel *Mytilus galloprovincialis* (Bivalvia: Mytilidae). *Mar. Biol.*, 148: 1011–1019.



- Peharda, M., N. Stagličić, D. Ezgeta, N. Vrgoč, I. Isajlović & S. Krstulović-Šifner. 2009. Distribution and population structure of *Arca noae* in Pašman channel. *Ribarstvo*, 67(1): 3-10.
- Peharda, M., D. Ezgeta-Balić, J. Davenport, N. Bojanić, O. Vidjak & Ž. Ninčević-Gladan. 2012. Differential ingestion of zooplankton by four species of bivalves (Mollusca) in the Mali Ston Bay, Croatia. *Mar. Biol.*, 159(4): 881-895.
- Peharda, M., D. Ezgeta-Balić, J. Davenport & N. Vrgoč predan. Aquaculture of bearded horse mussel (*Modiolus barbatus*) and Noah's ark shell (*Arca noae*) – is it feasible? *Aquacult. Int.*
- Petersen, J.K., T.G. Nielsen, L. van Duren & M. Maar. 2008. Depletion of plankton in a raft culture of *Mytilus galloprovincialis* in Ria de Vigo, NW Spain. I. Phytoplankton. *Aquat. Biol.* 4:112–125.
- Pitta, P., I. Karakassis, M. Tsapakis & S. Živanović. 1999. Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the Eastern Mediterranean. *Hydrobiologia*, 391: 181–194 .
- Power, A.J. & R.L. Walker. 2001. Growth and Survival of the Blood Ark *Anadara ovalis* (Bruguière 1789) Cultured in Mesh Bags on Soft – Bottom Sediments in the Coastal Waters of Georgia. *J. World Aquac. Soc.*, 32(3): 269–277.
- Power, A.J. & R.L. Walker. 2002. Growth and gametogenic cycle of the blood ark, *Anadara ovalis* (Bruguière 1789) in coastal Georgia. *J. Shell. Res.*, 21:157-162.
- Prato, E., A. Danieli, M. Maffia & F. Biandolino. 2010. Lipid and fatty acid compositions of *Mytilus galloprovincialis* cultured in the Mar Grande of Taranto (Southern Italy): feeding strategies and trophic relationships. *Zool. Stud.*, 49(2): 211–219.
- Redmond, K.J., T. Magnesen, P.K. Hansen, Ø. Strand & S. Meier. 2010. Stable isotopes and fatty acids as tracers of the assimilation of salmon fish feed in blue mussels (*Mytilus edulis*). *Aquaculture*, 298: 202–210.
- Reid, G.K., M. Liutkus, A. Bennett, S.M.C. Robinson, B. MacDonald & F. Page. 2010. Absorption efficiency of blue mussels (*Mytilus edulis* and *M. trossulus*) feeding on Atlantic salmon (*Salmo salar*) feed and fecal particulates: Implications for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture*, 299: 165–169.
- Ridler, N., M. Wowchuk, B. Robinson, K. Barrington, T. Chopin, S. Robinson, F. Page & K. Haya. 2007. Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA): A Potential Strategic Choice for Farmers. *Aqua. Econ. Manag.*, 11(1): 99–110.

- Sahin, C., E. Düzgünes, C. Mutlu, M. Aydin & H. Emiral. 1999. Determination of the growth parameters of the *Anadara cornea* R. 1844 population by the Bhattacharya method in the eastern Black Sea. *Turk. J. Zool.*, 23: 99–105.
- Sarà, G, A. Manganaro, G. Cortese, A. Pusceddu & A. Mazzola. 1998. The relationship between food availability and growth in *Mytilus galloprovincialis* in the open sea (southern Mediterranean). *Aquaculture*, 167: 1–15.
- Sarà, G., M. Leonardi & A. Mazzola. 1999. Spatial and Temporal Changes of Suspended Matter in Relation to Wind and Vegetation Cover in Mediterranean Shallow Coastal Environment. *Chem. Ecol.*, 16: 151–173.
- Sarà, G., D. Scilipoti, A. Mazzola & A. Modica. 2004. Effects of fish farming waste to sedimentary and particulate organic matter in a southern Mediterranean area (Gulf of Castellammare, Sicily): a multiple stable isotope study ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ). *Aquaculture*, 234: 199–213.
- Sarà, G., A. Zenone & A. Tomaselo. 2009. Growth of *Mytilus galloprovincialis* (mollusca, bivalvia) close to fish farms: a case of integrated multi-trophic aquaculture within the Tyrrhenian Sea. *Hydrobiologia*, 636(1): 129–136.
- Sarà, G., G.K. Reid, A. Rinaldi, V. Palmeri, M. Troell & S.A.L.M. Kooijman. 2011. Growth and reproductive simulation of candidate shellfish species at fish cages in the Southern Mediterranean: Dynamic Energy Budget (DEB) modelling for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture*, 324-325: 259–266.
- Selin, N.I. 2000. Shell form and growth of the bivalve *Scapharca broughtoni*. *Russ. J. Mar. Biol.*, 26(3): 204–208.
- Sidari, L., P. Nichetto, S. Cok, S. Sosa, A. Tubaro, G. Honsell & R. Della Loggia. 1998. Phytoplankton selection by mussels, and diarrhetic shellfish poisoning. *Mar. Biol.*, 131: 103–111.
- Skaramuca, B., Z. Teskerdžić & E. Teskeredžić. 1997. Mariculture in Croatia, history and perspectives. *Ribarstvo*, 55(1): 19–26.
- Skaramuca, D., N. Antolović, N. Glavić, J. Bolotin, P. Tutman., I. Brautović, B. Skaramuca. 2007. Status of *Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819, in the southeastern Adriatic confirmed by genetic markers. *U: Briand, F. (ur.). Rapp. du 38e Congres de la CIESM. Istanbul*, 600pp.
- Skejić S., I. Marasović, O. Vidjak, G. Kušpilić, Ž. Ninčević Gladan, S. Šestanović & N. Bojanić. 2011. Effects of cage fish farming on phytoplankton community structure, biomass and

- primary production in an aquaculture area in the middle Adriatic Sea. *Aquac. Res.*, 42: 1393–1405.
- Stamou, A.I., M. Karamanoli, N. Vassiliadou, E. Douka, A. Bergamasco & L. Cenobese. 2009. Mathematical modeling of the interactions between aquacultures and the sea environment. *Desalination*, 248: 826–835.
- Stern-Pirlot, A. & M. Wolff. 2006. Population dynamics and fisheries potential of *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) along the Pacific coast of Costa Rica. *Int. J. Trop. Biol.* 54(1): 87–99.
- Stirling, H.P. & I. Okomus. 1995. Growth and production of mussels (*Mytilus edulis* L.) suspended at salmon cages and shellfish farms at two Scottish sea lochs. *Aquaculture*, 134: 193–210.
- Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 167: 207–211.
- Šegvić-Bubić, T., L. Grubišić, N. Karaman, V. Tičina, K. Mišlov-Jelavić & I. Katavić. 2011. Damages on mussel farms potentially caused by fish predation—Self service on the ropes? *Aquaculture*, 319(3-4): 497–504.
- Šiletić, T. 2006. Marine fauna of Mljet National Park (Adriatic Sea, Croatia). 5. Mollusca: Bivalvia. *Nat. Croat.*, 15(3): 109–169.
- Šimunović, A. 2011. Pokretljivost kunjke *Arca noae* (Linnaeus, 1758) u laboratorijskim uvjetima. Diplomski rad, Sveučilište u Dubrovniku, 35pp.
- Taylor, E. B., G. Jamieson & T. Carefoot. 1992. Mussel culture in British Columbia: the influence of salmon farms on growth of *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 108: 51–56.
- Theodorou, J.A., P. Sorgeloos, C.A. Adams, J. Viaene & I. Tzovenis. 2010. Optimal farm size for the production of the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*). In: *Proceedings of the Fifteenth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics & Trade*, July 13-16, 2010, Montpellier, France: Economics of Fish Resources and Aquatic Ecosystems: Balancing Uses, Balancing Costs. 6 pp.
- Tieszen, L.L., T.W. Boutton, K.G. Tesdahl & N.A. Slade. 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for  $\delta^{13}\text{C}$  analysis of diet. *Oecologia* (Berlin), 57: 32–37.
- Troell, M. & J. Norberg. 1998. Modelling output and retention of suspended solids in an integrated salmon – mussel culture. *Ecol. Model.*, 110: 65–77.
- Troell, M., C. Halling, A. Neori, T. Chopin, A.H. Buschmann, N. Kautsky & C. Yarish. 2003. Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture*, 226: 69–90.

- Troell, M., A. Joyce, T. Chopin, A. Neori, A.H. Buschmann & J.G. Fang. 2009. Ecological engineering in aquaculture — Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture*, 297: 1–9.
- Troell, M., T. Chopin, T. Reid, S. Robinson & G. Sarà. 2011. Letter to the Editor. *Aquaculture*, 313: 171–172.
- United Nations Development Programme. 2009. Integralni planovi razvoja školjkarstva. Područja Malostonskog zaljeva, ušća rijeke Krke i akvatorija sjeverozapadnog dijela Zadarske županije. Projekt COAST: Conservation and Sustainable Use of Biodiversity in the Dalmatian Coast, [www.undp.hr/upload/file/227/113903/FILENAME/256\\_07\\_2\\_S\\_.pdf](http://www.undp.hr/upload/file/227/113903/FILENAME/256_07_2_S_.pdf), 23.11.2011, 13:43h.
- Valli, G. & C. Parovel. 1981. Aspects de la reproduction et de la biométrie chez *Arca noae* L. (Mollusca, Bivalvia). Rapport et procès – verbaux des réunions. Commission International pour l'Exploration scientifique de la Mer Méditerranée 27: 135–136.
- Vizzini, S. & A. Mazzola. 2004. Stable isotope evidence for environmental impact of a land-based fish farm in the western Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.* 49, 61–70.
- Walker, R.L. 1998. Growth and Survival of the Blood Ark, *Andara ovalis* (Bruguière, 1789), in Coastal Georgia. *Georgia J. Sci.*, 53: 192–205.
- Walker, R.L. & A.J. Power. 2004. Growth and gametogenic cycle of the transverse ark, *Anadara transversa* (Say, 1822), in coastal Georgia. *Am. Malacol. Bull.*, 18: 55–60.
- White, H. & H. Glenn. 2005. Environmental impact mitigation and bi-culture: a comparative legal analysis of flexibility within European legal regimes – biofilter deployment. *Aquacult. Int.*, 14: 297–317.
- Whitmarsh, D., E.J. Cook & K.D. Black. 2006. Searching for sustainability in aquaculture: An investigation into the economic prospects for an integrated salmon-mussel production system. *Mar. Policy*, 30: 293–298.
- Wolf, N., S.A. Carleton & C. Martinez del Rio. 2009. Ten years of experimental animal isotopic ecology. *Funct. Ecol.*, 23: 17–26.
- Wong, W.H. & J.S. Levinton. 2004. Culture of the blue mussel *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758) fed both phytoplankton and zooplankton: a microcosm experiment. *Aquac. Res.*, 35: 965–969.
- Wonhman, M.J. 2004. Mini review: distribution of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* (Bivalvia: *Mytilidae*) and hybrids in the Northeast Pacific. *J. Shell. Res.*, 23(2): 535–543.

- Wu, R.S.S. 1995. The environmental impact of marine fish culture: Towards a sustainable future. *Mar. Pollut. Bull.*, 31: 159-166.
- Xu, Q. & H. Yang. 2007. Food sources of three bivalves living in two habitats of Jiaozhou Bay (Qingdao, China): Indicated by lipid biomarkers and stable isotope analysis. *J. Shell. Res.*, 26(2): 561–567.
- Yokoyama, H., J. Higano, K. Adachi, Y. Ishihi, Y. Yamada & P. Pichitkul. 2002. Evaluation of shrimp polyculture system in Thailand based on stable carbon and nitrogen isotope ratios. *Fish. Sci.* 68, 745–750.
- Yokoyama, H., K. Abo & Y. Ishihi. 2006. Quantifying aquaculture-derived organic matter in the sediment in and around a coastal fish farm using stable carbon and nitrogen isotope ratios. *Aquaculture*, 254, 411–425.

## ŽIVOTOPIS

Ivan Župan rođen je 06.05.1980. godine u Zadru. Nakon završetka opće gimnazije u Zadru, 1998. godine upisuje Agronomski fakultet u Zagrebu gdje 2006. godine diplomira i stječe zvanje diplomiranog inženjera agronomije, smjera stočarstvo – usmjerenja ribarstvo. Od 2005. do 2006. godine radi kao pripravnik i ronilac, a od 2007. do 2010. godine kao tehnolog na uzgajalištu bijele ribe tvrtke Convento albamaris na otoku Pašmanu. Od 2007. godine pod mentorstvom prof.dr.sc. Melite Peharda Uljević studira na poslijediplomskom studiju "Primijenjene znanosti o moru" pri Sveučilištu u Splitu i Dubrovniku. Od 2011. godine zaposlen je na Odjelu za ekologiju, agronomiju i akvakulturu pri Sveučilištu u Zadru kao znanstveni novak – asistent. Sudjelovao je na više međunarodnih znanstvenih skupova i objavio je nekoliko znanstvenih radova u koautorstvu.

### Popis radova:

- Peharda, M., **I. Župan**, L. Bavčević, A. Frankić & T. Klanjšček. 2007. Growth and condition index of mussel *Mytilus galloprovincialis* in experimental integrated aquaculture. *Aquacult. Res.*, 38 (16): 1714–1720.
- Župan, I.**, M. Peharda, D. Ezgeta-Balić & T. Šarić. 2012. Noah's ark shell (*Arca noae* Linnaeus, 1758) – What do we need to know to starting up its aquaculture? *Ribarstvo, in press*.
- Župan, I.**, M. Peharda, L. Bavčević, T. Šarić & D. Kanski. Mogućnosti za razvoj integralne akvakulture na Jadranu. *Ribarstvo, submitted*.
- Župan, I.**, M. Peharda, T. Dolenac, M. Dolenac, P. Žvab Rožič, S. Lojen, D. Ezgeta-Balić, J. Arapov. Study of bivalve Noah's Ark (*Arca noae*) cultured under experimental integrated aquaculture conditions. *Cahiers de Biologie Marine, submitted*

### Popis sažetaka:

- Čolak, S., Lovrinov, M., **Župan, I.**, Tkalčić, S., Šarić, T. 2012. Isopode parasite *Ceratothoa oestroides* (Risso, 1826) in cultured seabass (*Dicentrarchus labrax* L. 1758) from the Adriatic and implications for management strategies in aquaculture. *IAAAM 43rd Annual Conference Proceedings*, May 2012, Atlanta, Georgia.

- Župan, I.**, D. Ezgeta-Balić, M. Peharda, T. Šarić. 2011. Growth and survival of Noah's ark shell (Arca Noae LINNAEUS 1758.) in experimental aquaculture // *Book of abstract from 46th European Marine Biology Symposium* / Rovinj: Institute Ruđer Bošković, 2011.
- Župan, I.**, L. Bavčević, M. Peharda. Mussel culture - influence of proximity to the fish farm // *AQUA 2006 - Linking tradition and technology* / Sorgeloos, Patrick (ur.): European Aquaculture Society, World Aquaculture Society, 2006. 1043