Metabolička aktivnost školjkaša kunjke, Arca noae Linnaeus, 1758 i bijele dagnje, Modiolus barbatus (Linnaeus, 1758)

Vlašić, Matea

Doctoral thesis / Disertacija

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:226:441871

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of University Department of Marine Studies

SVEUČILIŠTE U SPLITU, SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO, SPLIT

Poslijediplomski sveučilišni studij Primijenjene znanosti o moru

Matea Vlašić

METABOLIČKA AKTIVNOST ŠKOLJKAŠA KUNJKE, *Arca noae* LINNAEUS, 1758 I BIJELE DAGNJE, *Modiolus barbatus* (LINNAEUS, 1758)

Doktorski rad

Split, ožujak 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU, SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO, SPLIT

Poslijediplomski sveučilišni studij Primijenjene znanosti o moru

Matea Vlašić

METABOLIČKA AKTIVNOST ŠKOLJKAŠA KUNJKE, *Arca noae* LINNAEUS, 1758 I BIJELE DAGNJE, *Modiolus barbatus* (LINNAEUS, 1758)

Doktorski rad

Split, ožujak 2019.

Ova doktorska disertacija izrađena je u Institutu za more i priobalje u Dubrovniku, pod vodstvom dr. sc. Nikše Glavića, u sklopu Međusveučilišnoga poslijediplomskog doktorskog studija „Primijenjene znanosti o moru“ pri Sveučilištu u Splitu i Sveučilištu u Dubrovniku.

Zahvale

Zahvaljujem mentoru dr. sc. Nikši Glaviću na prikupljanju školjkaša, idejama i savjetima tijekom osmišljavanja istraživanja, te pomoći prilikom izvođenja pokusa i pisanja ovog rada.

Posebno hvala djelatnicima Instituta za more i priobalje u Dubrovniku na iskazanoj podršci i pomoći.

Zahvaljujem kolegama na podršci i prijateljskom razumijevanju.

Također zahvaljujem članovima Povjerenstva za obranu doktorskog rada na pregledu rada i korisnim savjetima.

Velika hvala obitelji i prijateljima na razumijevanju i podršci.

SADRŽAJ

1. UVOD..... 1
1.1. Ciljevi i svrha istraživanja..... 3
1.2. Hipoteze..... 4
2. DOSADAŠNJE SPOZNAJE..... 6
2.1. Kunjka *Arca noae* Linnaeus, 1758 6
2.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus* (Linnaeus, 1758)..... 6
2.3. Potrošnja kisika 7
2.4. Izlučivanje amonijaka 8
2.5. Atomski odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N odnos) 9
2.6. Stopa pročišćavanja..... 10
3. MATERIJALI I METODE..... 12
3.1. Područje istraživanja..... 14
3.2. Dizajn pokusa..... 13
3.3. Mjerenje potrošnje kisika..... 15
3.4. Mjerenje stope pročišćavanja..... 16
3.5. Mjerenje izlučenog amonijaka i atomskog odnosa potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N odnosa)..... 18
3.6. Energetski troškovi..... 19
3.7. Standardiziranje dobivenih podataka..... 20
3.8. Statistička obrada podataka..... 20
4.REZULTATI..... 22
4.1. Potrošnja kisika..... 22
4.1.1. Utjecaj saliniteta na potrošnju kisika..... 22
4.1.1.1. Kunjka *Arca noae*..... 22
4.1.1.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 24
4.1.1.3. Usporedba potrošnje kisika između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na salinitet..... 25
4.1.2. Utjecaj količine hrane na potrošnju kisika..... 26
4.1.2.1. Kunjka *Arca noae*..... 26
4.1.2.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 28

4.1.2.3. Usporedba potrošnje kisika između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na količinu hrane..... 32
4.1.3. Utjecaj veličine jedinki na potrošnju kisika..... 32
4.1.3.1. Kunjka *Arca noae*..... 32
4.1.3.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 34
4.1.3.3. Usporedba potrošnje kisika između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na veličinu jedinki..... 36
4.2. Izlučivanje amonijaka..... 36
4.2.1. Utjecaj saliniteta na izlučivanje amonijaka..... 36
4.2.1.1. Kunjka *Arca noae*..... 36
4.2.1.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 38
4.2.1.3. Usporedba izlučivanja amonijaka između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na salinitet..... 41
4.2.2. Utjecaj količine hrane na izlučivanje amonijaka..... 41
4.2.2.1. Kunjka *Arca noae*..... 41
4.2.2.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 45
4.2.2.3. Usporedba izlučivanja amonijaka u odnosu na količinu hrane između vrsra *Arca noae* i *Modiolus barbatus*..... 48
4.2.3. Utjecaj veličine jedinki na izlučivanje amonijaka..... 48
4.2.3.1. Kunjka *Arca noae*..... 48
4.2.3.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 50
4.2.3.3. Usporedba izlučivanja amonijaka između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na veličinu jedinki..... 52
4.3. Atomski odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N odnos)..... 52
4.3.1. Utjecaj saliniteta na atomski odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N odnos)..... 52
4.3.1.1. Kunjka *Arca noae*..... 52
4.3.1.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 54
4.3.1.3. Usporedba atomskog odnosa potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N odnosa) imeđu vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na salinitet..... 55
4.3.2. Utjecaj količine hrane na atomski odnos potrošenog kisika i izlučenog

dušika (O:N odnos)..... 56
4.3.2.1. Kunjka *Arca noae*..... 56
4.3.2.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 59
4.3.2.3. Usporedba atomskog odnosa potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N odnosa) između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* s bzirom na količinu hrane..... 62
4.3.3. Utjecaj veličine jedinki na atomski odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N odnos)..... 62
4.3.3.1. Kunjka *Arca noae*..... 62
4.3.3.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 64
4.3.3.3. Usporedba O:N odnosa između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na veličinu jedinki..... 66
4.4. Stopa pročišćavanja..... 66
4.4.1. Utjecaj saliniteta na stopu pročišćavanja..... 66
4.4.1.1. Kunjka *Arca noae*..... 66
4.4.1.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 69
4.4.1.3. Usporedba stope pročišćavanja između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na salinitet..... 71
4.4.2. Utjecaj količine hrane na stopu pročišćavanja..... 71
4.4.2.1. Kunjka *Arca noae*..... 71
4.4.2.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*..... 73
4.4.2.3. Usporedba stope pročišćavanja između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na količinu hrane..... 77
4.4.3. Utjecaj veličine jedinki na stopu pročišćavanja..... 77
4.4.3.1. Kunjka *Arca noae*..... 77
4.4.3.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus* 79
4.4.3.3. Usporedba stope pročišćavanja školjkaša *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na veličinu jedinki..... 81
5. RASPRAVA..... 83
5.1. Utjecaj saliniteta morske vode i vremena izlaganja na potrošnju kisika, izlučivanje amonijaka, atomski odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N odnos) i stopu pročišćavanja..... 83

5.2. Utjecaj veličine školjkaša na na potrošnju kisika, izlučivanje amonijaka, atomski odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N odnos) i stopu pročišćavanja..... 87
5.3. Utjecaj količine hrane i vremena hranjenja određenom količinom hrane na potrošnju kisika, izlučivanje amonijaka, atomski odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N odnos) i stopu pročišćavanja..... 91
6. ZAKLJUČCI..... 95
7. LITERATURA..... 99
8. ŽIVOTOPIS..... 118

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Splitu, Sveučilišni Odjel za studije mora
Sveučilište u Dubrovniku **Doktorski rad**
Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split
Poslijediplomski sveučilišni studij: Primijenjene znanosti o moru

Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Interdisciplinarne prirodne znanosti

METABOLIČKA AKTIVNOST ŠKOLJKAŠA KUNJKE, *Arca noae* LINNAEUS, 1758 I BIJELE DAGNJE, *Modiolus barbatus* (LINNAEUS, 1758)

Matea Vlašić

Rad je izrađen u Institutu za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku

Sažetak

Metabolizam je skup kemijskih reakcija u organizmu koje omogućuju izgradnju i razgradnju tvari, dobivanje energije i rast i njegovo poznavanje daje vrijedne informacije o istraženim vrstama. Temeljni cilj ovog rada je istražiti fiziološki odgovor kunjke *Arca noae* i bijele dagnje *Modiolus barbatus* na različite vrijednosti saliniteta, količine hrane i veličinu jedinka. Istraživana je potrošnja kisika, izlučivanje amonijaka, atomski odnos kisika i dušika (O:N) i stopa pročišćavanja. Iako su ove vrste često istraživane, vrlo je malo podataka objavljeno o njihovim fiziološkim odgovorima na stres. Istraživanje je provedeno u Malostonskom zaljevu u razdoblju od travnja 2014. do lipnja 2016. godine. Zabilježena je statistički značajna razlika u potrošnji kisika kunjke u odnosu na različite vrijednosti saliniteta i na različite veličine jedinka. U potrošnji kisika bijele dagnje opažena je statistički značajna razlika u odnosu na vrijeme hranjenja i na različite veličine jedinka. Statistički značajna razlika u izlučivanju amonijaka kod kunjke zabilježena je u odnosu na različite vrijednosti saliniteta, promjenu količine hrane, vrijeme hranjenja i veličine jedinki. Kod bijele dagnje različite vrijednosti saliniteta ne utječu značajno na izlučivanje amonijaka, a statistički značajna razlika javlja se u odnosu na vrijeme izlaganja salinitetu, promjenu količine hrane i vrijeme hranjenja. Različite veličine pokusnih jedinka, promjena količine hrane i vrijeme hranjenja statistički značajno utječu na O:N odnos kunjke i bijele dagnje. Razlike u stopi pročišćavanja kod obje vrste zabilježene su u odnosu na salinitet, vrijeme hranjenja i veličinu jedinka. Vrijeme izlaganja različitom salinitetu ima veći utjecaj kod kunjke. Rezultati pokazuju fiziološki odgovor školjkaša na promijenjene uvjete u kojima bijela dagnja nešto bolje reagira na stres. Sezonska istraživanja bi mogla detaljnije opisati dugotrajniji odnos između ovih vrsta i okoliša.

(119 stranica, 30 slika, 78 tablica, 217 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu i Sveučilišnoj knjižnici u Splitu.

Ključne riječi: *Arca noae*, izlučivanje amonijaka, količina hrane, *Modiolus barbatus*, O:N odnos, potrošnja kisika, salinitet, stopa pročišćavanja

Mentor: Dr. sc. Nikša Glavić, znanstveni suradnik

Ocjenjivači: 1. Prof. dr. sc. Mate Šantić, red. prof.
2. Dr. sc. Jakša Bolotin, viši znanstveni suradnik
3. Dr. sc. Tatjana Dobroslavić, docent

Rad prihvaćen: 21. veljače 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Split, University Department of Marine Studies
University of Dubrovnik **Ph.D. thesis**
Institute of Oceanography and Fisheries, Split

Ph.D. in Natural sciences, research field Interdisciplinary Natural Sciences

METABOLIC ACTIVITY OF THE BIVALVES NOAH'S ARK, *Arca noae* LINNAEUS, 1758 AND BEARDED HORSE MUSSEL, *Modiolus barbatus* (LINNAEUS,1758)

Matea Vlašić

Thesis performed at Institute for Sea and Coastal Studies of the University of Dubrovnik

Abstract

Metabolism is a set of chemical reactions in an organism that provide energy and enable growth and knowledge about its function provides valuable information on the species researched. The aim of this paper was to investigate the physiological response of Noah's ark, *Arca noae* and bearded horse mussel, *Modiolus barbatus* to different salinity values, the amount of food and the size of the individual. The oxygen consumption, ammonia excretion, atomic oxygen and nitrogen ratio (O: N) and clearance rate were investigated. Although these species are often explored, very little information has been published about their physiological responses to stress. The study was conducted in the Mali Ston Bay in the period from April 2014 to June 2016. There was a statistically significant difference in the consumption of oxygen of Noah' Ark shell due to different salinity values of seawater and considering the different sizes of test organisms. In the oxygen consumption of bearded horse mussel, a statistically significant difference was observed with respect to feeding time and to different sizes of individuals. There was a statistically significant difference in the excretion of the ammonia of Noah' Ark shell due to the different values of seawater salinity, given the different amount of food, time of feeding and the different size of the individual. In bearded horse mussel different values of seawater salinity do not significantly affect the excretion of ammonia, a statistically significant difference occurs with respect to exposure time to salinity, different amount of food and feeding time. Different sizes of experimental animals, change of food quantity and feeding time statistically significantly affect the O:N ratio of bearded horse mussel and Noah' Ark shell. Differences in the clearance rate in both species were recorded in terms of salinity, feeding time and the size of the individual. Exposure time to different salinity has a greater impact on the Noah' Ark shell. The results show the physiological response of bivalve molluscs to changed conditions where the bearded horse mussels respond better to stress. Seasonal research could provide a more detailed description of the longer-lasting relationship between these species and the environment.

(119 pages, 30 figures, 78 tables, 217 references, original in Croatian)

Thesis deposited in National and University Library in Zagreb, Split University Library.

Keywords: ammonia secretion, amount of food, *Arca noae*, clearance rate, *Modiolus barbatus*, O:N ratio, oxygen consumption, salinity

Supervisor: Nikša Glavić, Ph.D. Scientific Asscociate

Reviewers: 1. Mate Šantić, Ph.D. Professor
2. Jakša Bolotin, Ph.D. Senior Scientific Associate
3. Tatjana Dobroslavić, Ph.D. Assistant Professor

Thesis accepted: 21st February 2019

1. UVOD

Razred školjkaša (Bivalvia) obuhvaća oko 9200 vrsta koje nastanjuju područje od mediolitoralne do abisalne stepenice (Huber, 2010). U hrvatskom dijelu Jadranskog mora obitavaju 224 vrste školjkaša (Zavodnik, 1999). Najveći gospodarski značaj imaju mediteranska dagnja *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 (Mytilidae) i europska plosnata kamenica *Ostrea edulis* Linnaeus, 1758 (Ostreidae). U 2014. godini u registru uzgajivača Ministarstva poljoprivrede upisano je 126 uzgajivača na 267 lokacija za uzgoj školjkaša i 10 lokacija polikulture. Proizvodnja za 2013. godinu iznosila je 1950 tona dagnji i 50 tona kamenica, a za 2014. godinu 714 tona dagnji, 32 tone kamenice i 0,04 tone jakopske kapice *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) (Ministarstvo poljoprivrede, 2016). U svijetu se uzgaja ukupno 104 vrste mekušaca, godišnja proizvodnja u 2014. godini iznosila je 16,1 milijuna tona. Najveći proizvođač je Kina s 12 milijuna tona, dok su u Europi Španjolska, Francuska i Italija vodeće zemlje u akvakulturnoj proizvodnji školjkaša (FAO, 2016).

Kunjka *Arca noae* Linnaeus, 1758 i bijela dagnja *Modiolus barbatus* (Linnaeus, 1758) predstavljaju zanimljive vrste za akvakulturu kojima bi se mogla povećati raznovrsnost ponude na hrvatskom tržištu. Diversifikacija može značajno olakšati rast ovog sektora i jedan je od načina povećanja proizvodnje jer tržište još uvijek nije zasićeno. U tom smislu su u posljednje vrijeme obavljena i neka istraživanja eksperimentalnog uzgoja i praćenja rasta kunjke i bijele dagnje iz južnojadranskih populacija (Kožul i sur. 2011; Župan, 2012; Župan i sur. 2013, 2014; Peharda i sur. 2007, 2013).

Kunjka pripada porodici Arcidae i rasprostranjena je u Atlantiku od Portugala do Senegala, Kanarskim otocima i u Mediteranu (Poppe & Goto 2000). Živi pričvršćena na tvrdim podlogama, ljušturama školjkaša i na drugim bentoskim organizmima kao što su spužve i tunikati od područja oseke do 119 m gdje nema izravnog sunčevog svjetla (Poppe & Goto 2000). U hrvatskom dijelu Jadranskog mora zastupljena je duž čitave obale (Hrs-Brenko & Legac 1996) s najgušćim naseljima na području Istre, Zadra i Malostonskog zaljeva (Benović, 1997). Preferira područja nižeg saliniteta iako to još uvijek nije znanstveno dokazano (Morton & Peharda 2008). Abundancija kunjke u Malostonskom zaljevu kreće se od 10 do 12 jedinki/m^2 (Šimunović, 1981), a u Malom jezeru na Mljetu 11 jedinki/ m^2 (Peharda i sur. 2002a). U Pašmanskom kanalu gustoća veća od jedne jedinke/m^2 primijećena je samo na dubinama većim od 5 m (Peharda i sur. 2009). Živi uglavnom individualno (Pašmanski kanal) ili u skupinama (Malostonski zaljev i Malo jezero na Mljetu) (Peharda i sur. 2002a, 2003, 2009), a često stvara i zajednička naselja s

bijelom dagnjom (Hrs-Brenko, 1980). Maksimalna zabilježena duljina ljušture iznosi oko 90 mm (Poppe & Goto 2000). Može živjeti više od 16 godina (Peharda i sur. 2002b), a u zaštićenom području Telašćica pronađeni su primjerci stari 25 godina (Puljas i sur. 2015). Ljušture su debele, poprečno napuhane, jako radijalno rebraste i prekrivene debelim, smeđim, vlaknastim periostrakumom, skraćene s prednje, a izduljene sa stražnje strane. Svijetle su boje s tamno smeđom cik cak pigmentacijom i dosta varijacija u obliku i obojenosti (Poppe & Goto 2000; Morton & Peharda 2008). Kunjka se tijekom proljeća i ljeta uglavnom hrani fito i zooplanktonom te detritusom, a u jesen i zimu zooplanktonom i detritusom (Ezgeta-Balić i sur. 2012b). Sezona mriješćenja u Jadranskom moru odvija se u ožujku i rujnu (sjeverni Jadran) (Valli & Parovel 1981) te tijekom srpnja i kolovoza (južni Jadran) (Peharda i sur. 2006). Spolna zrelost nastupa pri duljinama od oko 12 mm za mužjake i 16 mm za ženke (Peharda i sur. 2006).

Bijela dagnja pripada porodici Mytilidae. Rasprostranjena je od Velike Britanije do Mauritanije te u području Mediterana. Uobičajena duljina ljušture je 30-65 mm. Obitava na stjenovitim podlogama najčešće u pukotinama ili skrivena među algama od mediolitoralne zone do dubina od 110 m (Poppe & Goto 2000). U hrvatskom dijelu Jadranskog mora najviše se nalazi na području otoka Murtera, Kaštelanskog zaljeva i Malostonskog zaljeva (Benović, 1997). U Malostonskom zaljevu zabilježena je na pločasto-deritusnom dnu do 10 m dubine na kojemu stvara kolonije od šest do 10 jedinki (Šimunović, 1981). U Malostonskom zaljevu najveća procijenjena starost iznosi 20 godina (Peharda i sur. 2007). Prva spolna zrelost nastupa pri duljinama od 16 mm (Mladineo i sur. 2007). Reproduktivni ciklus karakterizira produljeno razdoblje gametogeneze i mriješćenja s tim da nakon kolovoza, kad se većina jedinki izmrijestila, postoji mali broj jedinka koje su još zrele (Mladineo i sur. 2007). Prema istim autorima u svakom mjesecu i kod ženka i kod mužjaka nađene su jedinke različitog stadija razvoja gonada. Bijela dagnja tijekom proljeća i ljeta hrani se fitoplanktonom, zooplanktonom i detritusom, a tijekom jeseni i zime zooplanktonom i detritusom (Ezgeta-Balić i sur. 2012b).

Uzgoj školjkaša smatra se „zelenom proizvodnjom“ koja u morima i estuarijima ima višestruki pozitivni učinak. Školjkaši filtriranjem poboljšavaju kvalitetu vode uklanjajući nutrijente i čestice iz vodenog stupca čime se poboljšava prozirnost i širenje svjetla. Također uklanjaju dušik iz vodenog stupca i ugrađuju ga u svoje tkivo. Ova aktivnost pomaže u kontroli pretjeranog cvjetanja algi, povećanju bioraznolikosti zbog stvaranja podloge za druge vrste i smanjenju posljedica izlova divljih stokova (Shumway i sur. 2003).

Prije uvođenja novih vrsta u akvakulturu važno je dobro poznavanje biologije vrste i optimalnih ekoloških uvjeta potrebnih za njihov uzgoj (Shumway i sur. 1988). Mnogi školjkaši

su eurihalini, pa je potrebno znati granice ekološke valencije i metaboličke zahtjeve organizma (Gosling, 2003). Bitno je detaljno istražiti metabolički odgovor školjkaša na području na kojem će se potencijalno uzgajati zbog procjene kapaciteta uzgojnog područja. Metabolička stopa najčešće se procjenjuje kao stopa potrošnje kisika (Gosling, 2003; Brey, 2010) i predstavlja glavni gubitak energije školjkaša (Taware & Muley 2014). Značajan gubitak energije predstavlja i izlučivanje amonijaka (Barber & Blake 1985).

Metabolizam je određen nizom vanjskih čimbenika (salinitet, temperatura, kisik) i unutarnjih (reproduktivni stadiji, veličina organizma, aktivnost i spol) te interakcijama između ovih čimbenika i godišnjih doba (Bayne & Newell 1983). Warren & Davis (1967) razvili su koncept „Scope for growth“ (SFG) koji smatraju „razlikom između energije dobivene unesenom hranom i energije potrošene u osnovnom metabolizmu“. Mjerenje fizioloških stopa u svrhu predviđanja preostale energije koja je potencijalno dostupna za rast i reprodukciju (SFG) često je primjenjivano kod beskralježnjaka, posebice školjkaša (Bayne i sur. 1985). Smanjenje metaboličkih troškova predstavlja važan mehanizam očuvanja energije u uvjetima ograničene dostupnosti hrane (Bayne & Newell 1983).

Ekstremni vremenski uvjeti mijenjaju salinitet i temperaturu morske vode te utječu na metabolizam školjkaša posebice u promjenljivom okolišu kao što je Malostonski zaljev. Posljedice klimatskih promjena koje su zadnjih godina sve izraženije imaju veliki utjecaj na akvakulturu. Promjene saliniteta su neizravan, ali osjetljiv indikator brojnih procesa klimatskih promjena kao što su oborine, isparavanje, izlijevanje rijeka i otapanje leda. Vode u područjima većeg isparavanja imaju povećan salinitet u skoro svim oceanima, dok je na visokim zemljopisnim širinama zbog više oborina, većeg izlijevanja rijeka i otapanja leda, salinitet smanjen. Smanjenje saliniteta u svjetskim oceanima s velikim regionalnim razlikama sve je izraženije (Cochrane i sur. 2009).

Razina metabolizma se najčešće procjenjuje preko stope potrošnje kisika (Gosling, 2003; Brey, 2010) i predstavlja glavni gubitak energije školjkaša (Taware & Muley 2014). Značajan gubitak energije predstavlja i izlučivanje amonijaka (Barber & Blake 1985). Dobitci i gubitci definiraju minimalne potrebe za rastom i važni su prigodom odabira lokaliteta i za uspješno gospodarenje uzgojem školjkaša (Bougrier i sur. 1995).

1.1 . Ciljevi i svrha istraživanja

Svrha ovog istraživanja doprinos je znanju metaboličkih odgovora školjkaša kunjke *Arca noae* Linnaeus, 1758 i bijele dagnje *Modiolus barbatus* Linnaeus, 1758 na promjene u okolišu

(salinitet, količina hrane) i utjecaja veličine jedinki na metabolički odgovor. Istraživanje je provedeno na školjkašima koji žive u prirodnim populacijama u Malostonskom zaljevu, okolišu koji je podvrgnut stalnim promjenama saliniteta. Nekoliko je istraživanja provedeno o utjecaju temperaturnih promjena na metabolizam bijele dagnje, dok za kunjku nema dostupnih informacija o metabolizmu. Da bi se procijenio stres istraživanih jedinka te pokazalo fiziološko stanje organizma, određen je odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N).

Ciljevi:

- utvrđivanje potrošnje kisika, izlučivanja amonijaka i stope pročišćavanja u odnosu na promjene saliniteta morske vode (ambijentalni salinitet, 30, 25 i 20 psu), s ciljem opisivanja i određivanja fiziološke prilagodbe kroz osmoregulaciju u vremenu aklimacije,
- utvrđivanje potrošnje kisika, izlučivanja amonijaka i stope pročišćavanja u odnosu na veličinu školjkaša (duljina ljušture: manje od 25 mm, 25 do 50 mm, dulje od 50 mm), čime bi se potvrdila ovisnost energetskih potreba o veličini organizma,
- utvrđivanje potrošnje kisika, izlučivanja amonijaka i stope pročišćavanja u odnosu na različite režime hranjenja (100% i 50% dnevne količine hrane te gladovanje), radi dokazivanja veze između energetskih potreba i količine dostupne hrane,
- utvrđivanje O:N odnosa s obzirom na duljinske kategorije školjkaša, promjene saliniteta morske vode te na različite režime hranjenja,
- uspoređivanje metaboličkog odgovora kunjke i bijele dagnje na zadane pokusne uvjete.

1.2 . Hipoteze

Hipoteze istraživanja su sljedeće:

1. Polazeći od pretpostavke da su istraživani školjkaši osmokonformeri koji žive u prostoru većih promjena saliniteta medija, možemo postaviti nekoliko hipoteza. Salinitet ima utjecaj na metaboličku aktivnost školjkaša koja će biti povećana ili smanjena u odnosu na referentnu skupinu kroz razdoblje aklimacije na promijenjenu slanost.

2. Školjkaši različitih veličina imaju različitu metaboličku aktivnost, što bi se moglo objasniti intenzivnijim procesima rasta organizma kod manjih životinja.
3. Količina dostupne hrane i metabolička aktivnost školjkaša su u izravnoj ovisnosti.
4. Promijenjeni ekološki uvjeti imaju značajan utjecaj na stopu pročišćavanja školjkaša.
5. Metabolički odgovor dviju istraživanih vrsta razlikuje se.

2. DOSADAŠNJE SPOZNAJE

2.1. Kunjka *Arca noae* Linnaeus, 1758

Za kunjku u dostupnoj literaturi nema podataka o potrošnji kisika, izlučivanju amonijaka i stopi pročišćavanja. U Jadranskom moru obavljeno je više istraživanja vezanih za rasprostranjenost, starost i rast te promjene indeksa kondicije i sezonskog sastava populacije (Hrs-Brenko, 1980; Peharda i sur. 2002a,b; 2003; 2009; Puljas i sur. 2015). Predaciju od strane puža *Hexaplex trunculus* (Linnaeus,1758) istraživali su Peharda & Morton (2006), funkcionalnu morfologiju Morton & Peharda (2008), reproduktivni ciklus Peharda i sur. (2006) te Bello i sur. (2013), hranidbenu vrijednost Dupčić Radić i sur. (2014). U cilju ostvarenja mogućeg komercijalnog uzgoja na istočnoj obali Jadrana provedeno je nekoliko istraživanja u okviru kojih se ispitivao režim i sastav prehrane, sastav masnih kiselina i stabilnih izotopa te lipida u mekom tkivu (Ezgeta-Balić i sur. 2012a,b; 2014; Peharda i sur. 2012). Mogućnost eksperimentalnog uzgoja kunjke istraživali su Kožul i sur. (2011), Župan (2012), Župan i sur. (2013; 2014), Peharda i sur. (2013). U Mediteranu kunjku su proučavali Marin & Lòpez Belluga (2005) koji su istražili utjecaj simbioze sa spužvom s obzirom na predaciju, te Roth i sur. (2011) koji su istraživali omatidije.

2.2 Bijela dagnja *Modiolus barbatus* (Linnaeus, 1758)

Za bijelu dagnju u Jadranskom moru istraživana je potrošnja kisika i stopa pročišćavanja u odnosu na promjene temperature (Ezgeta-Balić i sur. 2011), dok za izlučivanje amonijaka nema dostupnih podataka. Niz istraživanja proveden je u odnosu na stres izazvan temperaturnim promjenama. Istraživani su metabolički i molekularni odgovori na stres (Anestis i sur. 2008; Katsikatsou i sur. 2009; 2010), biokemijski i stanični odgovor na stres (Dimitriadis i sur. 2012), utjecaj stresa zbog klimatskih promjena (Pörtner, 2012; Katsikatsou i sur. 2012), te međusobno djelovanje akumulacije teških metala i temperature (Katsikatsou i sur. 2011).

Istraživana je starost, rast i populacijska struktura bijele dagnje u Jadranskom moru (Peharda i sur. 2007), te rast i stopa preživljavanja u Mersin Bay (Turska) (Lok i sur. 2006). Mladineo i sur. (2007) objavili su podatke o razmnožavanju, indeksu kondicije i biokemijskom sastavu. Procjenu potencijalnog patološkog djelovanja parazita *Gymnophallus* sp. ispitivale su Mladineo i Peharda (2005), a procjenu rizika od parazitskih i simbiotskih organizama ispitivala je Mladineo (2008) dok su Ćurin i sur. (2014) istraživali prisustvo endolita. Ishrana

zooplanktonom (Ezgeta-Balić i sur. 2012a; Peharda i sur. 2012), sastav masnih kiselina u mišiću i probavnoj žlijezdi (Egzeta-Balić i sur. 2012b) te sastav stabilnih izotopa i sadržaj lipida u mišiću i probavnoj žlijezdi (Egzeta-Balić i sur. 2014) istraživani su na četiri vrste školjkaša među kojima je bijela dagnja. Stopu rasta i potencijal ove vrste za akvakulturu istraživali su Peharda i sur. (2007; 2013). Kožul i sur. (2011) proveli su eksperimentalni uzgoj u Malostonskom zaljevu.

2.3. Potrošnja kisika

Poznavanje granica disajnih funkcija važno je za razumijevanje fizioloških prilagodbi vrsta budući da se mnoge osobitosti aerobnog metabolizma mogu istraživati neizravno mjerenjem potrošnje kisika zdravih životinja. Za većinu životinja pod standardnim uvjetima (mirovanje) metabolizam se procjenjuje mjerenjem potrošnje kisika koja se definira kao količina kisika koju životinja potroši u jedinici vremena (Gosling, 2003; Savina & Pouvreau 2004; Brey, 2010).

U Jadranskom moru potrošnja kisika istraživana je na dagnjama, *M. barbatus* (Ezgeta-Balić i sur. 2011) i *M. galloprovincialis* (Hamer i sur. 2008). Brey (2010) je izradio bazu podataka potrošnje kisika u odnosu na temperaturu koja se sastoji od 22 621 setova podataka za 904 vrste beskralješnjaka, među kojima je 60 vrsta školjkaša. Temperatura je abiotički čimbenik čiji je utjecaj najviše istražen u odnosu na metabolizam školjkaša. Objavljeno je više istraživanja o utjecaju temperature na potrošnju kisika kod školjkaša *O. edulis* (Buxton i sur. 1981), *Aequipecten opercularis* (Linnaeus, 1758) (McLusky, 1972), *Pinctada margaritifera* (Linnaeus, 1758) (Yukihira i sur. 2000; Chávez-Villalba i sur. 2013), *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) (Saucedo i sur. 2004), *Chlamys farreri* (Müller, 1776) (Zhang i sur. 2004), *Hiatula diphos* (Linnaeus, 1771) (Taware i sur. 2012) i *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 (Handå i sur. 2013).

Mjerenje stope disanja u odnosu na promjenu saliniteta do sada su opisala brojna istraživanja kod školjkaša *Donax denticulatus* Linnaeus, 1758 (De Mahieu i sur. 1988), *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Navarro, 1988), *Geukensia demissa* (Dillwyn, 1817) (Shumway & Youngson 1979), *C. farreri* (Hong-sheng i sur. 1999), *Portlandia arctica* (Gray, 1824) i *Nuculana pernula* (O. F. Müller, 1779) (Berger & Naumov 2001), *Meretrix meretrix* (Linnaeus, 1758) (Tang i sur. 2005; Dai i sur. 2012) i *Anadara broughtonii* (Schrenck, 1867) (Shin i sur. 2006). Potrošnja kisika istraživana je u odnosu salinitet i izlaganje zraku na dagnji *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) (Shafee, 1976).

Mjerenje stope disanja u odnosu na promjenu količine hrane opisano je u istraživanjima na dagnji *M. edulis* (Bayne & Thompson 1970; Bayne, 1973b; Hawkins i sur. 1985; Clausen &

Riisgård 1996), češljači *Zygochlamys delicatula* (Hutton, 1873) (Mackay & Shumway 1980) i bisernici *Pinctada imbricata Röding, 1798* (Tomaru i sur. 2002).

Mjerenje utjecaja veličine školjkaša u odnosu na stopu disanja opisano je kod školjkaša *M. edulis* (Widdows, 1978a; Sukhotin i sur. 2002), *Pinctada imbricata fucata* (Gould, 1850) (Mondal, 2006), *Lamellidens marginalis* (Lamarck, 1819) (Jadhav & Bawane 2012) i *Katelysia opima* (Gmelin, 1791) (Taware & Muley 2013). Potrošnja kisika istraživana je i u odnosu prema masi tijela kod školjkaša *Arctica islandica* (Linnaeus, 1767) (Taylor & Brand 1975).

Veličina tijela jedan je od glavnih endogenih čimbenika koji utječe na energetsku potrošnju organizama (Zeuthen, 1953; Sukhotin & Pörtner 2001).

2.4. Izlučivanje amonijaka

Pored kisika energetsku potrošnju predstavlja i izlučivanja amonijaka. U odnosu na potrošnju kisika, izlučivanje amonijaka manje je istraženo. Mjerenje izlučivanja amonijaka provodi se zajedno s mjerenjem potrošnje kisika, ili kao jedan od parametara za procjenu energetskih potreba životinja, a rjeđe samostalno. U gubitke energije ubrajaju se proizvodnja sluzi i izlučivanje dušika (Bayne & Newell 1983). Kod većine morskih mekušaca amonijak je glavni krajnji proizvod razgradnje bjelančevina koji obuhvaća između 60 i 90% ukupnog izlučivanja dušika (Bayne & Newell 1983).

Izlučivanje amonijaka istraženo je u odnosu na promjenu saliniteta kod školjkaša *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 (Allen & Garrett 1971), *M. edulis* (Livingstone i sur. 1979), *C. farreri* (Hong-sheng i sur. 1999), *A. broughtonii* (Shin i sur. 2006), a u odnosu na gladovanje, veličinu i temperaturu na vrsti *Ruditapes decussatus* (Linnaeus, 1758) (Khalil, 1994). Bartberger & Pierce (1976) analizirali su izlučivanje amonijaka školjkaša tijekom aklimacije na niski salinitet. Utjecaj veličine jedinki na potrošnju kisika i izlučivanje amonijaka istražen je kod školjkaša *L. margnalis* (Jadhav & Bawane 2012). Widdows (1978a) navodi kombinirani sezonski utjecaj veličine i hrane na stopu izlučivanja dagnje *M. edulis*

Stopu izlučivanja atlantske dagnje *M. edulis*, nakon hranjenja zabilježili su Bayne & Scullard (1977a). Pri nižem salinitetu zabilježene su najviše stope izlučivanje amonijaka kod ladinka *M. meretrix* (Tang i sur. 2005), *A. broughtonii* (Shin i sur. 2006) i *Limecola balthica* (Linnaeus, 1758) (Emerson, 1969). U proljeće i zimi veće jedinke više koriste bjelančevine za svoje metaboličke potrebe zbog čega je i veća stopa izlučivanja. Manje jedinke više koriste ugljikohidrate i zbog toga imaju relativno manje izlučivanje amonijaka (Bayne & Newell 1983).

2.5. Odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N)

Odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N) pokazatelj je odgovora organizma na stres. Stopa opadanja vrijednosti O:N odnosa najveća je tijekom najvećeg stresa (Bayne & Thompson 1970). Odnos O:N pokazuje što se koristi za metaboličke potrebe, bjelančevine ili ugljikohidrati i masti. Niska vrijednost O:N (≈10) znači da se za metaboličke potrebe iskorištavaju bjelančevine (Bayne & Newell 1983). Indeks O:N ima teoretski minimum 9,3 i predstavlja razgradnju samo bjelančevina, dok povišene vrijednosti ukazuju na povećanu razgradnju masti i ugljikohidrata (Bayne, 1973b). Razgradnja samo bjelančevina ima O:N odnos u rasponu od 3 do 16, dok jednake količine razgradnje masti i bjelančevina odgovaraju vrijednostima između 50 i 60 (Mayzaud & Conover 1988). Kad ima dovoljno hrane, ugljikohidrati se uglavnom koriste kao izvor energije, bjelančevine i masti se skladište, dok manjak hrane potiče korištenje bjelančevina za energetske potrebe (Martin, 1968). Vrijednost O:N odnosa može biti vrlo niska ne samo zbog zadanih parametara, nego i zbog drugih razloga, kao što su neprikladni eksperimentalni uvjeti koji mogu voditi do precjenjivanja izlučivanja dušika ili podcjenjivanja disanja ili oboje. Također na vrijednost O:N odnosa utječe zagađenje sastojcima amonijaka ili vodom, kratko razdoblje trajanja pokusa i utjecaj rukovanja (Mayzaud, 1973).

Na dagnji *M. edulis* niz je autora istraživao O:N indeks u odnosu na gladovanje (Bayne, 1973a), temperaturu i količinu hrane (Bayne, 1973b; Bayne & Scullard 1977b), količinu hrane i godišnje doba (Hawkins i sur. 1985) te parazite i histološke poremećaje (Gilek, 1992) Vrijednosti O:N odnosa s obzirom na veličinu školjkaša zabilježili su Resgalla Jr i sur. (2006) na dagnji *Perna perna* (Linnaeus, 1758) i Vedpathak i sur. (2011) na vrsti *Indonaia caeruleus* (Prashad, 1918), a u odnosu na salinitet i dostupnost kisika Wang i sur. (2011) na dagnji *P. viridis*.

2.6. Stopa pročišćavanja

Ishrana procesom filtriranja prisutna je među beskralježnjacima i karakteristična je za morski okoliš (Riisgård & Larsen 2001). Školjkaši su najviše istraživani organizmi koji se hrane filtriranjem (Riisgård & Larsen 2000). Za ishranu, rast i reprodukciju, školjkaši moraju filtrirati velike količine vode izdvajajući suspendirane hranidbene čestice (Jørgensen, 1975). Mehanizam pumpanja vode i zadržavanja čestica istražili su mnogi autori (Jørgensen, 1983; 1989; 1996;

Jørgensen i sur. 1984; Riisgård & Larsen 1995; Riisgård & Larsen 2000; Riisgård & Larsen 2001).

Kod beskralježnjaka izdvajanje suspendiranih čestica iz vode temelji se na različitim mehanizmima zadržavanja. Pregled metoda za zadržavanje suspendiranih čestica navode Riisgård i Larsen (1995). Šest je glavnih mehanizama za hvatanje čestica hrane, a kod školjkaša to obavljaju pruge bočnih trepetljika koje usmjeravaju vodu kroz interfilamentalne kanale škrga (Riisgård & Larsen 2000). Autori navode kako se blizu ulaza u kanale čestice odvajaju od glavne struje i prenose na frontalnu površinu pomoću laterofrontalnih trepetljika. Svrha pumpanja vode školjkaša koji se hrane filtriranjem je osigurati hranu, ali i primanje kisika (Riisgård & Larsen 1995). Riisgård & Larsen (2000) procijenili su energetski trošak ishrane filtriranjem morske vode, tj. odnos korisne energije pumpanja i ukupnih metaboličkih energetskih troškova, te zaključuju da koristan rad pumpe čini 0,3 do 4% ukupnih metaboličkih troškova.

Stopa pumpanja i stopa pročišćavanja blisko su povezane mjere, ali stopa pročišćavanja uglavnom je više korištena (Cranford i sur. 2011). Stopa pumpanja predstavlja volumen vode koji proteče kroz škrge u jedinici vremena (Winter, 1978). Sve izdvojene čestice ne moraju nužno biti progutane nego mogu biti izbačene iz plaštane šupljine kao pseudofeces (Bayne & Newell 1983).

Ishrana školjkaša prikazuje se stopom pročišćavanja (McFarland i sur. 2013). U Jadranu je stopa pročišćavanja istražena na bijeloj dagnji u odnosu na promjene temperature (Ezgeta-Balić i sur. 2011). Stopa pročišćavanja školjkaša istražena je u odnosu na salinitet kod školjkaša *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) (Navarro & Gonzalez 1998), *P. perna* (Resgalla Jr i sur. 2007), *M. galloprovincialis* (Sarà & Pusceddu 2008), *Potamocorbula amurensis* (Schrenck, 1861) (Paganini i sur. 2010). Stopa pročišćavanja proučavana je u odnosu na količinu hrane na dagnji *M. edulis* (Bayne i sur., 1987; Bayne i sur. 1993), bisernicama *P. margaritifera* i *P maxima* (Yukihira i sur. 1998a; Yukihira i sur. 1999) te dagnji *M. galloprovincialis* (Maire i sur. 2007). Utjecaj veličine tijela na stopu pročišćavanja istraživan je na bisernicama *P. margaritifera* i *P. maxima* (Yukihira i sur. 1998b) i vrsti *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Pestana i sur. 2009).

Različita su mišljenja u vezi aktivne regulacije procesa filtracije kod školjkaša. Pojedini znanstvenici smatraju da je filtracija autonomni proces u kojemu se filtracijski kapacitet potpuno iskorištava, dok se koncentracija algi ne smanji ispod kritičnog praga (Jørgensen, 1996; Riisgård, 2001). Smanjenje stope filtracije ispod tog praga prilagodba je na nisku dostupnost hrane kako bi se smanjili energetski zahtjevi (Jørgensen, 1996). Drugi autori smatraju da je filtracija fiziološki kontroliran proces u kojem se ovisno o prehrambenim potrebama organizma i količini dostupne

hrane filtracija prilagođava da bi se postigao što veći energetski dobitak (Bayne i sur. 1993; Bayne, 1998).

Na stopu ishrane najviše utječe vrsta eksperimentalne hrane. U studijama u kojima su školjkaši hranjeni monokulturom alga, stopa pročišćavanja je 1,7 puta viša nego u studijama u kojima je hrana bazirana na prirodnim hranjivim česticama. Prilikom mjerenja ishrane školjkaša *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758), *M. edulis* i *M. arenaria* zabilježeno je kako hranjenje prestaje na koncentraciji klorofila između 0,5 i 1 μgl^{-1} (Newell i sur. 2001; Riisgård i sur. 2003). Međutim Strohmeier i sur. (2009) navode da češljača *Pecten maximus* (Linnaeus, 1758) i dagnja *M. edulis* ne prestaju s hranjenjem čak i kad je koncentracija klorofila 0,01 μgl^{-1}, što ukazuje kako se neke vrste mogu funkcionalno prilagoditi na produljeno razdoblje u uvjetima manje koncentracije prirodnih hranjivih čestica. Stopa pročišćavanja opada pri visokoj koncentraciji čestica, ali je relativno konstantna pri nižim koncentracijama (Winter, 1978). Sličan trend opadanja stope pročišćavanja zbog povećavanja koncentracije čestica primijetili su u svojim studijama Denis i sur. (1999) na dagnji *M. galloprovincialis*, Navarro i sur. (1992) na vrsti *C. edule* i Yukihira i sur. (1998a) na bisernicama *P. margaritifera* i *P. maxima*.

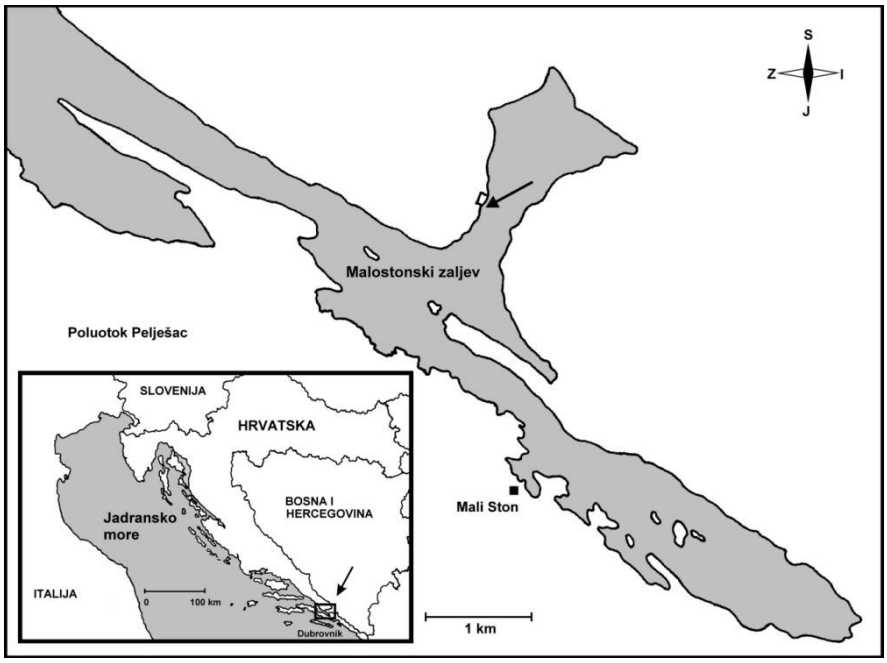
Mnogi školjkaši su eurihalini organizmi, tj. toleriraju širok raspon saliniteta u prirodnom okolišu. Prvi odgovor na promjenu saliniteta je zatvaranje ljušture, što pomaže u sprječavanju osmotskog stresa izdvajajući životinju od vanjskog okoliša (Shumway, 1977a,b; Shumway i sur. 1977). Veliki broj studija pokazao je kako smanjenje saliniteta uzrokuje smanjenje hranjenja i metaboličkih procesa kod školjkaša *C. chorus* (Navarro, 1988), *A. purpuratus* (Navarro & Gonzalez 1998; Fernández-Reiriz i sur. 2005), *A. broughtonii* (Shin i sur. 2006) i *P. amurensis* (Paganini i sur. 2010). Tolerancija prema promjeni saliniteta je drugačija za različitu dob, spol i stadije životnog ciklusa školjkaša (Kinne, 1964).

Veličina škrga utječe na stopu hranjenja, ali morfologija ne daje potpuno objašnjenje oscilacija u stopi pročišćavanja (Cranford i sur. 2011). Filtracija je odraz različitih utjecaja kojima je jedinka bila izložena prije pokusa u svom staništu („ekološka memorija“) (Mallet i sur. 1987). Stope pročišćavanja su jako varijabilne čak i unutar iste vrste (Cranford & sur. 2011). U kontroliranim laboratorijskim uvjetima ograničena je mogućnost oponašanja uvjeta iz prirode, gdje kvaliteta i količina hrane te strujanja mogu značajno kolebati, ali dobiveni podaci doprinose razumijevanju odgovora školjkaša na specifične uvjete (Cranford i sur. 2011).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Područje istraživanja

Školjkaši korišteni u pokusu prikupljeni su iz prirodnih populacija u uvali Bistrina (42°52'11.41"N, 17°42'06.73"E) u Malostonskom zaljevu (Slika 3.1.1.) koji se pruža između kopna i poluotoka Pelješca u smjeru sjeverozapad - jugoistok. Zaljev je izduženog oblika i ima brojne uvale s najvećom dubinom od 29 m (Roglić, 1981; Benović i sur. 2003). Cijelo područje Malostonskog zaljeva pod snažnim je ujecajem dotoka slatke vode (rijeka Neretva i vrulje) koji ga obogaćuju hranjivim solima, što ga čini pogodnim mjestom za marikulturu (Vukadin, 1981). Slatka voda utječe na salinitet, temperaturu i količinu hranjivih tvari tvoreći ekološki uravnotežen ekosustav (Meštrov & Požar - Domac 1981). Temperatura morske vode u zaljevu većinom oscilira od 10 do 25˚C. Godišnji raspon saliniteta koleba od 17,5 do 37 psu. Minimalne vrijednosti zabilježene su u površinskom sloju morske vode u proljetnom razdoblju. U uvalama Kuta i Bistrina dokumentirane su najniže srednje vrijednosti saliniteta posebice u zimskom razdoblju kad su vrulje najaktivnije (Jasprica i sur. 1997). Specifični prirodni uvjeti čine Malostonski zaljev najvažnijim područjem za proizvodnju školjkaša na jugoistočnoj obali Jadrana (Vukadin, 1981; Benović, 1997).



Slika 3.1.1. Područje uzorkovanja kunjke i bijele dagnje – Malostonski zaljev. Lokacija uzorkovanja označena je strelicom

3.2. Ustroj pokusa

Jedinke obiju vrsta školjkaša prikupljene su autonomnim ronjenjem prije svakog pokusa i prenesene su u spremnicima zapremine 50 l u laboratorij Instituta za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku, gdje je provedena aklimacija u trajanju od sedam dana u bazenima zapremine 600 l. Vrijednosti temperature i saliniteta morske vode mjerene su svakodnevno sondom WTW (Model 315i).

Nakon aklimacije školjkaši su prebačeni u recirkulacijski sustav od osam spremnika zapremine 22 l i četiri spremnika zapremine 5,4 l (Aqua-medic Ocean reef 6000, Aqua-medic GMBH, Njemačka) (Slika 3.2.1.). Morska voda u spremnicima filtrirana je mehaničkim filterom (spužva), biofilterom s plastičnom podlogom za bakterijski biofilm i sterilizirana UV lampom prije pumpanja u spremnike sa školjkašima. Voda je prozračivana u samim spremnicima uz pomoć kamena za raspršivanje zraka. Temperatura je regulirana prema potrebi pomoću titanijskog grijača (Aqua-medic Gmbh, model TH-500) smještenog u kolekcijski tank i hladnjaka (chiller) (Hailea, model HC 300). Isparena voda nadomještana je dnevno prema potrebi morskom ili slatkom vodom. Salinitet medija prilagođen je dodavanjem deionizirane vode. Primijenjivano je naizmjenično 12-satno razdoblje svjetlosti i tame.



Slika 3.2.1. Recirkulacijski sustav Aqua-medic Ocean reef 6000 (izvor fotorafije: Matea Vlašić)

Školjkaši su hranjeni svaki dan tijekom jutarnjih sati flagelatom *Tetraselmis suecica* (Kylin) Butcher, 1959 gustoće $3x10^3$ stanica ml^{-1}. Korištena količina hrane približno je iznosila 0,43 mg l^{-1} ($3x10^3$ stanica *T. suecica* ml^{-1}) prema preporuci Widdows & Staff (2006). Mjerenje potrošnje kisika obavljano je na kraju razdoblja između dva hranjenja da bi se izbjegao utjecaj hranjenja i aktivacije organizma zbog povećanja filtracije (Saucedo i sur. 2004; Widdows &

Staff 2006). Samo za potrebe mjerenja stope pročišćavanja školjkaša, početna koncentracija algi iznosila je $2x10^4$ stanica ml^{-1}, koja je odabrana radi pouzdanosti mjerenja koncentracije spektrofotometrijskom metodom.

Istraživanje potrošnje kisika, izlučivanje amonijaka i stope pročišćavanja školjkaša provedeno je u tri zasebna pokusa. Svi pokusi su provedeni u tri ponavljanja. Za svako ponavljanje formirana je zasebna populacija školjkaša u jednom spremniku od 20 jedinki. Svakodnevno se za potrebe mjerenja parametara potrošnje kisika i proizvodnje amonijaka uzimao odgovarajući broj jedinka kojima su na kraju pokusa izmjerene dimenzije te mokra i suha masa mekog tkiva.

Pokus 1.

U ovom pokusu mjereni su potrošnja kisika i izlučivanje amonijaka u odnosu na salinitet medija te stopa pročišćavanja školjkaša. Mjerenje potrošnje kisika i izlučivanje amonijaka provedeno je na jedinkama prilagođenim na uvjete različitih saliniteta: ambijentalni salinitet morske vode u laboratoriju (37 psu), zatim 30, 25 i 20 psu. Navedeni raspon odabran je na temelju sezonskih kolebanja raspona vrijednosti saliniteta morske vode u Malostonskom zaljevu (Jasprica i sur. 1997). Potrošnja kisika i izlučivanje amonijaka za svaku vrijednost saliniteta mjereni su prvi i peti dan da bi se ustanovila fiziološka prilagodba osmoregulacije kroz vrijeme aklimacije školjkaša. Mjerenje je obavljeno na pet jedinki u svakom od tri ponavljanja (ukupno petnaest školjkaša). Različite vrijednosti saliniteta morske vode dobivene su razrjeđivanjem deioniziranom vodom (Sarà i sur. 2008). Za obje pokusne vrste odabrane su jedinke duljine ljušture 40-50 mm.

Pokus 2.

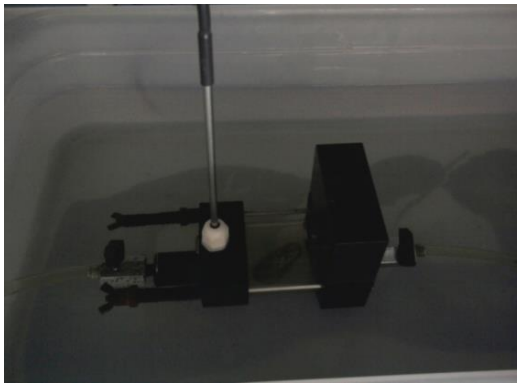
Potrošnja kisika i izlučivanje amonijaka mjereni su uz različite režime hranjenja u laboratorijskim uvjetima: 100% i 50% dnevne količine hrane, te gladovanje (bez dodane hrane), gdje 100% dnevne količine hrane iznosi $3x10^3$ stanica ml^{-1} flagelata *T. suecica* (Widdows & Staff 2006). Pokus je trajao petnaest dana da bi se ustanovio učinak nedostatka hrane na metabolizam školjkaša (Albentosa i sur. 2007). Tijekom tih petnaest dana pratila se i stopa pročišćavanja da bi se odredilo postoji li ovisnost energetskih potreba o količini dostupne hrane. Pokusne jedinke su u tu svrhu podijeljene u tri skupine s različitim režimom hranjenja. Iz skupina od po trideset jedinka konzumne veličine od 40-50 mm duljine ljušture, svakodnevno se mjerilo njih pet za svaku vrstu. Pokus se izvodio u uvjetima ambijentalne i stalne temperature i saliniteta morske vode.

Pokus 3.

Potrošnja kisika i izlučivanje amonijaka u ovom pokusu mjereni su u odnosu na različite duljinske kategorije školjkaša. Pretpostavka je da veličina organizma ima utjecaj na metaboličke zahtjeve organizma. U ovom pokusu također je mjerena i stopa pročišćavanja kunjke i bijele dagnje. Pokusne jedinke podijeljene su u tri skupine: manje od 25 mm, od 25 do 50 mm i veće od 50 mm. Svaka skupina sastojala se od trideset jedinki obje vrste. Mjereno je po pet organizama iz svake skupine u tri replike pri ambijentalnoj i stalnoj temperaturi i salinitetu morske vode.

3.3. Mjerenje potrošnje kisika

Pokus mjerenja potrošnje kisika i izlučivanja amonijaka provodio se pojedinačno za svaku jedinku u komori za mjerenje potrošnje kisika zapremine 74,34 ml za manje i 429,39 ml za veće školjkaše. Školjkaši su prije stavljanja u komoru očišćeni od obraštaja. Komora za mjerenje potrošnje kisika je plastični prozirni cilindar koji ima otvore za ulaz i izlaz vode s ventilima te otvor za mjerni element za kisik (Slika 3.3.1.). Komora se nakon stavljanja školjkaša ispuni morskom vodom, koja protiče kroz komoru iz većeg spremnika zapremine 50 l, gdje se obogaćuje kisikom da bi se postigla odgovarajuća (normoksična) zasićenost od 80-120%. Prvih 30 min. prije mjerenja, uz protok kroz komoru, predviđeno je za prilagođavanje pokusnog organizma uvjetima u komori, otvaranje ljuštura i početak disanja. Nakon toga, tijekom sljedećih 40 min. obavlja se mjerenje u intervalima od po pet min., kada se uzima vrijednost otopljenog kisika. Početkom mjerenja ventili se za ulaz i izlaz vode zatvore, a opadanje koncentracije otopljenog kisika mjeri se Oxyscan graphic sondom (UMS Gmbh, Njemačka). Kontrolno mjerenje obavljalo se u komori bez školjkaša.



Slika 3.3.1. Komora za mjerenje potrošnje kisika (izvor fotorafije: Matea Vlašić)

Potrošnja kisika mjerena u uvjetima zatvorene respirometrije definira se kao količina kisika koju životinja potroši u jedinici vremena. Stopa potrošnje kisika (VO_2 , mg O_2 h^{-1}) izračunava se prema Widdows & Johnson (1988) po formuli:

$$VO_2 = 60 \times \left[C\ (t_0)\ - C\ (t_1)\right]\ \times\ (Vr)/(t_1 - t_0)$$

gdje su:

t_0 i t_1 - početno i krajnje vrijeme (min) razdoblja mjerenja,

$C(t)$ - koncentracija kisika u vodi u vremenu t,

V_r - zapremnina komore za potrošnju kisika umanjena za zapreminu školjkaša.

Morska voda u komori za mjerenje potrošnje kisika zasićena je kisikom u normoksičnim uvjetima (zasićenje O_2 između 80 i 120%). Zasićenost otopljenim kisikom ne bi smjela pasti ispod 80% po preporuci Shumway & Koehn (1982). Zapremnina školjkaša mjerena je volumetrijskom metodom uranjanja školjkaša zatvorenih ljuštura i istiskivanja vode, njenog vaganja i izračuna zapremnine prema standardnoj gustoći morske vode.

3.4. Mjerenje stope pročišćavanja

Stopa pročišćavanja (CR) definira se kao volumen vode iz koje su filtrirane suspendirane čestice u jedinici vremena i može se odrediti mjerenjem gustoće suspendiranih stanica alga dodanih u morsku vodu. Zbog jednostavnosti korišten je zatvoreni sustav mjerenja u kojem se stopa pročišćavanja izračunava iz eksponencijalnog opadanja koncentracije stanica u posudi ili spremniku s vodom kroz razdoblje od 1,5 do 2 sata (Widdows & Staff 2006). Školjkaši se prije mjerenja očiste od obraštaja, stave u spremnik, nakon čega se ostave 20 minuta kako bi došlo do otvaranja ljuštura, kada se dodaju algalne stanice flagelata *T. suecica* u koncentraciji $2x10^4$ stanica ml^{-1} (Buxton i sur. 1981) (Slika 3.4.1.). Svakih 30 min. kroz razdoblje od dva sata uzimao se uzorak od 20 ml kako bi se odredila koncentracija alga. Korišteno je pet jedinka dnevno za mjerenje fiziološkog odgovora na određene uvjete saliniteta morske vode, veličine jedinka ili ishrane. Kontrolno mjerenje obavljano je u spremniku bez školjkaša. Mjerenja stope pročišćavanja provodila su se u spremnicima različitog volumena u odnosu na veličinu školjkaša (Riisgård, 1988). U ovom istraživanju korišteni su spremnici volumena od 5 l za velike školjkaše

i 2 l za male školjkaše. Stopa pročišćavanja pojedinog školjkaša izračunava se sljedećom formulom (Coughlan, 1969):

$$CR\ \left(l\ h^{-1}\right) = \mathrm{Vol}(l) \times \left(log_e C1\ -\ log_e C2\right) / \text{vremenski interval}\ (h)$$

gdje je:

Vol - volumen vode,

*C*1 i *C*2 - koncentracije stanica na početku i na kraju mjernog razdoblja.



Slika 3.4.1. Pokusni školjkaš u spremniku u kojem su dodane algalne stanice (izvor fotografije: Matea Vlašić)

Alge za potrebe hranjenja školjkaša u pokusima i mjerenja stope pročišćavanja uzgojene su u laboratoriju (Slika 3.4.2.). Uzgoj alga proveden je u plastičnim cilindričnim spremnicima zapremine 25 l. U spremnike je inokulirana mala količina alga, čiji je rast omogućen dodavanjem Walne anorganskog medija pri osvjetljenju inteziteta od 5000 luxa, u režimu 12 h svjetla i 12 h tame. Pri mjerenju stope pročišćavanja iz uzgojnog spremnika uzeta je, ovisno o gustoći, ona količina alga koja je u pokusnom spremniku sa školjkašima tvorila potrebnu gustoću od $2x10^4$ stanica ml^{-1}.



Slika 3.4.2. Uzgoj alge *T. suecica* za potrebe pokusa (izvor fotografije: Matea Vlašić)

Mjerenje gustoće kulture alga obavljeno je uz pomoć spektrofotometra Hach DR2500 (Slika 3.4.3.) iz apsorbancije vidljive svjetlosti (λ=750 nm) na stanicama alga u mediju. Točna valna duljina emitirane svjetlosti odabrana je nakon analize skena apsorbancije. Prema kalibracijskoj krivulji apsorbancije mjerenoj u nizu gustoća populacije alga dobio se nakon regresijske analize polinom koji opisuje ovisnost apsorbancije o gustoći populacije prema metodi koju su razvili Rodrigues i sur. (2011).



Slika 3.4.3. Spektrofotometar Hach DR2500 (izvor fotografije: Matea Vlašić)

3.5. Mjerenje izlučenog amonijaka i O:N odnos

Izlučivanje amonijaka mjereno je istovremeno s potrošnjom kisika. Nakon mjerenja potrošnje kisika iz komore je uzimano 50 ml uzorka morske vode, fiksirano 4%-tnim fenolom i pohranjeno u hladnjak do obrade. Svakodnevno je obavljano kontrolno mjerenje koncentracije amonijaka i zabilježena vrijednost oduzimana je od vrijednosti mjerenih u eksperimentalnoj komori. Analitičke metode određivanja koncentracija hranjivih soli zasnovane su na kolorimetrijskim reakcijama, a intenziteti boja nastalih produkata određeni su spektrofotometrom

Perkin Elmer λ15 (kivete duljine jedan i 10 cm). Koncentracija amonijevih iona određena je iz nefiltriranih uzoraka mora indofenol plavo metodom (Solorzano, 1969; Strickland & Parsons 1972) uz modifikaciju prema Ivančić & Degobbis (1984). Stopa izlučivanja amonijaka (NH_4) izračunava se prema Sobral & Widdows (1997) po formuli:

$$U = (T - C) \times (V/1000)/t$$

gdje je:

U – stopa izlučivanja amonijaka (μmol NH_4-N h^{-1}),

T – koncentracija amonijaka (μM) u uzorku,

C – koncentracija amonijaka u kontrolnom uzorku,

V – volumen (ml) morske vode u koju je jedinka uronjenja,

T – vrijeme (h).

Nakon mjerenja potrošnje kisika i izlučivanja amonijaka određivao se O:N odnos koji je mjera relativne ravnoteže između ugljikohidrata i bjelančevina u metabolizmu i koristi se za opisivanje fiziološkog stanja i razine stresa kod morskih beskralješnjaka (Widdows, 1978b; Widdows i sur. 1981). Atomski odnos kisika i dušika (O/N) određuje se na osnovi potrošnje kisika i izlučivanja amonijaka, izraženo u atomskim ekvivalentima prema Hawkins i sur. (2002) po formuli:

$$O/N = (mg\, O_2/16)/(mg\, NH_4/14)$$

3.6. Energetski troškovi

Energetski troškovi uključuju troškove disanja R ($Jg^{-1}h^{-1}$) i energiju izgubljenu izlučivanjem ($Jg^{-1}h^{-1}$). Izračunavaju se prema Widdows & Johnson (1988) kako slijedi:

$$R = VO_2\,(ml\ O_2 g^{-1} h^{-1}) \times 20,33\ J\ ml^{-1} O_2$$

$$U = mg\ NH_4 g^{-1} h^{-1} \times 19,4\ J\ mg^{-1} NH_4$$

3.7. Standardiziranje dobivenih podataka

Da bi se mjerene vrijednosti fizioloških stopa standardizirale i uklonio utjecaj različite mase životinja na potrošnju kisika, stopu pročišćavanja i izlučivanje amonijaka, one se pretvaraju u "specifičnu" fiziološku stopu na gram suhe mase životinje. Nakon izvođenja pokusa meko tkivo školjkaša sušilo se u sterilizatoru na 60°C tijekom 24 h do konstantne mase (Shumway & Koehn 1982). Suha masa školjkaša uzeta je kao osnova za izračun specifične fiziološke stope koja se računa prema Bayne & Newell (1983) koristeći sljedeću jednadžbu:

$$Ys = \left(Ws/We\right)^{b} \times Ye$$

gdje je:

Ys - fiziološka stopa za jedinku standardne mase (1g),

Ws - standardna masa (1g),

We - promatrana masa jedinke u gramima,

Ye - neispravljena (mjerena) fiziološka stopa,

b - eksponent mase za funkciju porasta fiziološke stope s porastom mase jedinke.

Prosječan *b* eksponent mase iznosi 0,67 za stopu pročišćavanja i 0,75 za potrošnju kisika kod školjkaša (Savina & Pouvreau 2004), a za izlučivanje amonijaka korištena je vrijednost od 0,78 (Hawkins i sur. 2000).

3.8. Statistička obrada podataka

Podatci prikupljeni tijekom istraživačkog rada uneseni su u bazu podataka pomoću računalnog programa Microsoft Excel 2007. Navedeni program koristio se za osnovnu pripremu podataka za statističku analizu i pretvorbu mjerenih vrijednosti uz pomoć matematičkih formula. Statistički paket Statistica (v. 12.0, Statsoft inc.) korišten je za daljnju statističku analizu. Obavljena je deskriptivna statistika koja obuhvaća srednje vrijednosti, standardnu devijaciju, minimalne i maksimalne vrijednosti. Podatci su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna devijacija. Prikupljeni podatci po skupinama testirani su na homogenost varijanci korištenjem Leveneovog testa (Levene, 1960).

Normalitet podataka procijenjen je Kolmogorov-Smirnov, Liliefors i Shapiro-Wilk's testom. Potvrđeno je kako distribucija odgovara normalnoj raspodjeli. Daljnja statistička obrada provodila se uz pomoć parametrijske ANOVA-e i Tukey post-hoc testa. Za analizu potrošnje kisika, izlučivanja amonijaka i stope pročišćavanja u odnosu na različite salinitete i vrijeme izlaganja određenom salinitetu korištena je ugniježđena (eng. „nested") ANOVA. Ista analiza je korištena i za procjenu utjecaja količine hrane i vremena hranjenja na potrošnju kisika, izlučivanje amonijaka i stopu pročišćavanja. Odabrana statistička značajnost u statističkoj analizi iznosi 0,05 (Griffiths & Hill 1986).

Jednosmjerna (eng. „one way“) ANOVA korištena je za analizu potrošnje kisika, izlučivanja amonijaka i stope pročišćavanja u odnosu na različitu veličinu jedinki. U slučaju statistički značajne razlike za daljnju analizu korišten je post-hoc Tukey test (Sokal & Rohlf 1995).

Za analizu odnosa potrošnje kisika, izlučivanja amonijaka i stope pročišćavanja između kunjke i bijele dagnje korišten je *t*-test (Sokal & Rohlf 1995).

4. REZULTATI

4.1. Potrošnja kisika

4.1.1. Utjecaj saliniteta morske vode na potrošnju kisika

4.1.1.1. Kunjka *Arca noae*

Potrošnja kisika kunjke u odnosu na različiti salinitet morske vode mjerena je na 105 jedinka tijekom studenog 2015. godine. Srednja vrijednost duljine jedinka iznosila je 45,26 ± 5,41 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,62 ± 0,41 g. Srednje vrijednosti potrošnje kisika oscilirale su od 0,14 ± 0,07 do 0,54 ± 0,28 mg $O_2 g^{-1} h^{-1}$ dok je gubitak energije zbog disanja iznosio od 2,00 ± 0,95 do 7,73 ± 3,95 $J g^{-1} h^{-1}$ (Tablica 4.1.1.1.1.).

Tablica 4.1.1.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) potrošnje kisika i gubitka energije disanjem kunjke za različite salinitete morske vode i vrijeme izlaganja.

Salinitet (psu)	Dan	Potrošnja kisika (mg $O_2 g^{-1} h^{-1}$)			Gubitak energije ($J g^{-1} h^{-1}$)
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
37	1	0,38 ± 0,24	0,10	0,94	5,36 ± 3,46
30	1	0,48 ± 0,18	0,21	0,74	6,85 ± 6,85
30	5	0,54 ± 0,28	0,26	1,26	7,73 ± 3,95
25	1	0,14 ± 0,07	0,05	0,32	2,00 ± 0,95
25	5	0,16 ± 0,13	0,06	0,57	2,29 ± 1,82
20	1	0,42 ± 0,41	0,06	1,72	5,99 ± 5,83
20	5	0,38 ± 0,30	0,05	1,13	5,44 ± 4,21

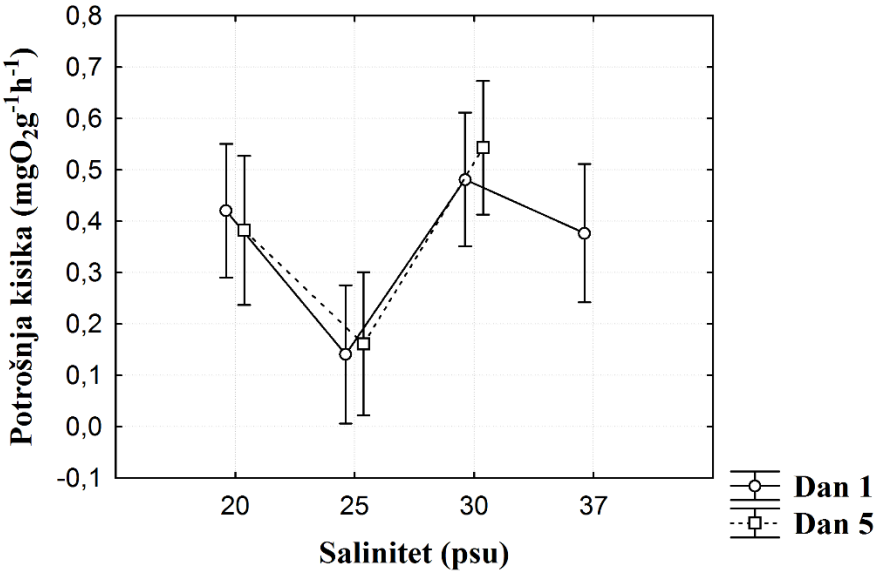
Zabilježena je statistički značajna razlika u potrošnji kisika kunjke (ugniježđena ANOVA, F = 9,964; P = 0,000) u odnosu na različite salinitete. Vrijeme izlaganja određenom salinitetu (mjereno prvi i peti dan) nije značajno utjecalo na potrošnju kisika školjkaša (Tablica 4.1.1.1.2.).

Tablica 4.1.1.1.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj saliniteta i vremena izlaganja na potrošnju kisika kunjke.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Salinitet	3	1,920	0,640	9,964	0,000*
Dan (salinitet)	3	0,041	0,013	0,215	0,885
Pogreška	91	5,845	0,064		

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

Najniže vrijednosti potrošnje kisika zabilježene su za školjkaše izložene salinitetu morske vode od 25 psu jedan dan. Najviše vrijednosti potrošnje kisika kunjke zabilježene su pri 30 psu peti dan izlaganja (Slika 4.1.1.1.1.).



Slika 4.1.1.1.1. Odnos potrošnje kisika i saliniteta morske vode kod kunjke tijekom prvog i petog dana izlaganja.

Post-hoc Tukey test pokazao je statistički značajnu razliku između potrošnje kisika skupina školjkaša izloženih sljedećim uvjetima: 25 psu prvi dan i 30 psu prvi dan, 25 psu prvi dan i 30 psu peti dan. Statistički značajna razlika stope disanja zabilježena je i između skupina školjkaša izloženih 25 psu peti dan i 30 psu prvi dan te 25 psu peti dan i 30 psu peti dan izlaganja (Tablica 4.1.1.1.3.).

Tablica 4.1.1.1.3. Tukey post-hoc test utjecaja saliniteta morske vode i vremena izlaganja na potrošnju kisika kunjke.

Salinitet	Dan	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
20	1		0,999	0,055	0,109	0,994	0,840	0,999
20	5	0,999		0,201	0,318	0,951	0,658	1,000
25	1	0,055	0,201		0,999	0,008*	0,001*	0,185
25	5	0,109	0,318	0,999		0,020*	0,002*	0,303
30	1	0,994	0,951	0,008*	0,020*		0,994	0,923
30	5	0,840	0,658	0,001*	0,002*	0,994		0,573
37	1	0,999	1,000	0,185	0,303	0,923	0,573	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.1.1.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Potrošnja kisika bijele dagnje u odnosu na različite salinitete morske vode mjerena je na 109 jedinka tijekom travnja i svibnja 2014. godine. Srednja vrijednost duljine uzorkovanih jedinka iznosila je 47,81 ± 4,88 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,69 ± 0,21 g. Srednje vrijednosti potrošnje kisika oscilirale su od 0,17 ± 0,08 do 0,26 ± 0,15 mg $O_2g^{-1}h^{-1}$, dok se potrošnja energije zbog disanja kretala od 2,48 ± 1,07 do 3,77 ± 2,09 $Jg^{-1}h^{-1}$ (Tablica 4.1.1.2.1.).

Tablica 4.1.1.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) potrošnje kisika i gubitka energije disanjem bijele dagnje pri različitim vrijednostima saliniteta morske vode.

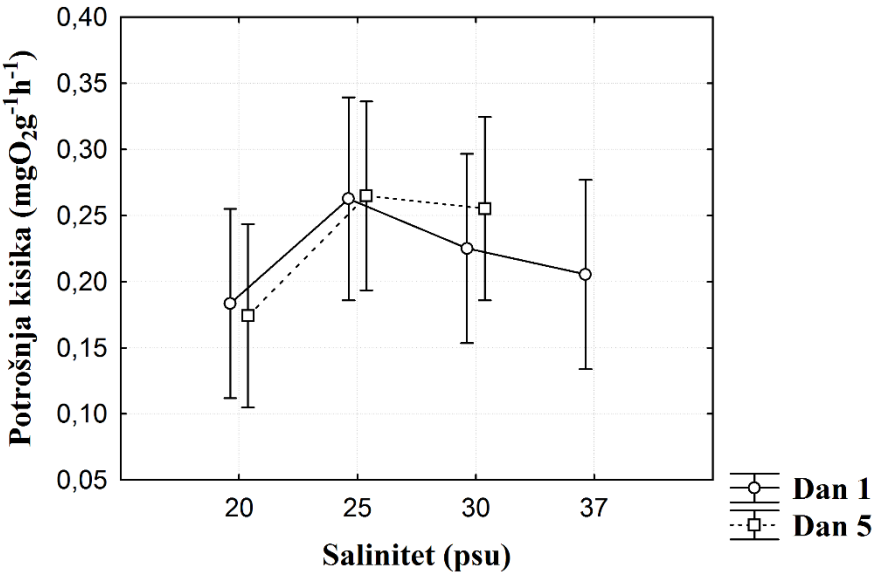
Salinitet (psu)	Dan	Potrošnja kisika (mg $O_2g^{-1}h^{-1}$)			Gubitak energije ($Jg^{-1}h^{-1}$)
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
37	1	0,21 ± 0,16	0,06	0,72	2,92 ± 2,30
30	1	0,23 ± 0,12	0,07	0,40	3,20 ± 1,67
30	5	0,25 ± 0,16	0,08	0,62	3,63 ± 2,22
25	1	0,26 ± 0,13	0,05	0,55	3,74 ± 1,85
25	5	0,26 ± 0,15	0,06	0,55	3,77 ± 2,09
20	1	0,18 ± 0,17	0,06	0,76	2,63 ± 2,48
20	5	0,17 ± 0,08	0,07	0,35	2,48 ± 1,07

Nije zabilježena statistički značajna razlika u potrošnji kisika bijele dagnje u odnosu na različite salinitete. Također nije utvrđena statistički značajna razlika ni u odnosu na vrijeme izlaganja školjkaša određenom salinitetu (mjereno prvi i peti dan) (Tablica 4.1.1.2.2.).

Tablica 4.1.1.2.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj saliniteta i vremena izlaganja na potrošnju kisika bijele dagnje.

	df	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Salinitet	3	0,120	0,040	2,060	0,110
Dan (salinitet)	3	0,007	0,002	0,132	0,940
Pogreška	88	1,908	0,019		

Potrošnja kisika bijele dagnje raste dostižući maksimum pri nižoj vrijednosti saliniteta morske vode od 25 psu i nakon toga opada. Najniže vrijednosti potrošnje primijećene su za školjkaše izložene peti dan salinitetu od 20 psu, a najviše pri 25 psu peti dan izlaganja (Slika 4.1.1.2.1.).



Slika 4.1.1.2.1. Odnos potrošnje kisika i saliniteta morske vode kod bijele dagnje tijekom prvog i petog dana izlaganja.

4.1.1.3. Usporedba potrošnje kisika između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na salinitet morske vode

Usporedbom potrošnje kisika između obje vrste školjkaša zabilježena je statistički značajna razlika kod vrijednosti saliniteta od 37 psu prvi dan izlaganja (t = -2,247; P = 0,032), 30 psu prvi (t = -4,668; P = 0,000) i peti dan izlaganja (t = -3,591; P = 0,001), 25 psu prvi dan izlaganja (t = 3,104; P = 0,004) i 20 psu peti dan izlaganja (t = -2,296, P = 0,031). Značajna

razlika potrošnje kisika između vrsta nije utvrđena jedino kod vrijednosti saliniteta od 25 psu peti dan izlaganja i 20 psu prvi dan izlaganja (Tablica 4.1.1.3.1.).

Tablica 4.1.1.3.1. Pregled rezultata *t*-testa za potrošnju kisika između kunjke i bijele dagnje u odnosu na vrijednosti saliniteta morske vode.

Salinitet (psu)	Dan	*t*	*P*
37	1	-2,247	0,032*
30	1	-4,668	0,000*
30	5	-3,591	0,001*
25	1	3,104	0,004*
25	5	1,980	0,059
20	1	-1,991	0,056
20	5	-2,296	0,031*

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.1.2. Utjecaj količine hrane na potrošnju kisika

4.1.2.1. Kunjka *Arca noae*

Utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na potrošnju kisika kunjke mjeren je na 60 jedinka tijekom svibnja i lipnja 2015. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 44,62 ± 4,25 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,70 ± 0,30 g. Srednje vrijednosti potrošnje kisika oscilirale su od 0,20 ± 0,09 do 0,46 ± 0,16 mg $O_2 g^{-1} h^{-1}$ dok je gubitak energije zbog disanja iznosio od 2,80 ± 1,38 do 6,54 ± 2,25 $J g^{-1} h^{-1}$ (Tablica 4.1.2.1.1.).

Tablica 4.1.2.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) potrošnje kisika i gubitka energije disanjem kunjke za različite količine hrane i različito vrijeme hranjenja.

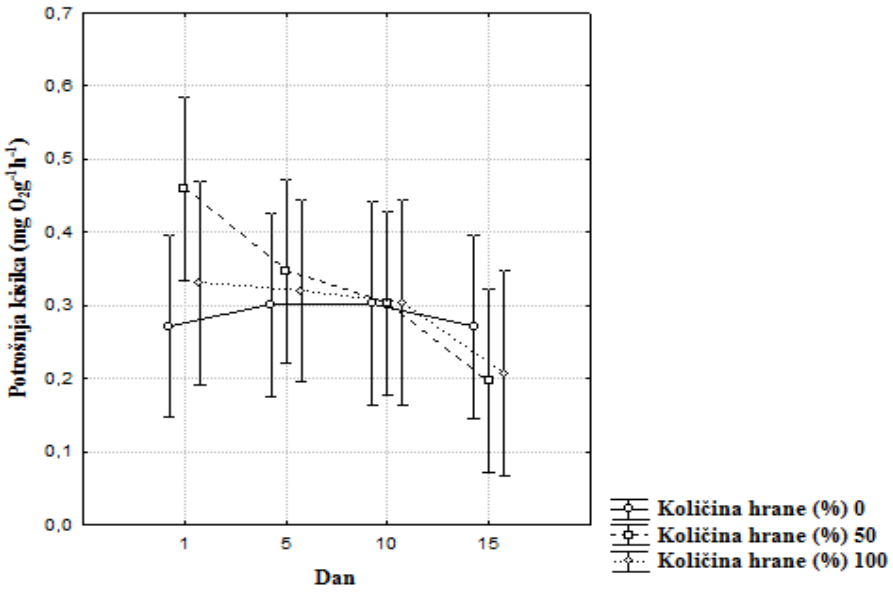
Količina hrane (%)	Dan	Potrošnja kisika (mg $O_2g^{-1}h^{-1}$)			Gubitak energije ($Jg^{-1}h^{-1}$)
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
100	1	0,33 ± 0,12	0,17	0,44	4,71 ± 1,65
100	5	0,32 ± 0,20	0,11	0,65	4,55 ± 2,86
100	10	0,34 ± 0,14	0,14	0,48	4,83 ± 1,96
100	15	0,22 ± 0,06	0,16	0,29	3,14 ± 0,89
50	1	0,46 ± 0,16	0,31	0,68	6,54 ± 2,25
50	5	0,35 ± 0,22	0,12	0,61	4,94 ± 3,19
50	10	0,30 ± 0,07	0,23	0,40	4,32 ± 0,98
50	15	0,20 ± 0,09	0,07	0,29	2,80 ± 1,38
0	1	0,27 ± 0,14	0,14	0,48	3,86 ± 1,94
0	5	0,30 ± 0,15	0,14	0,49	4,28 ± 2,17
0	10	0,34 ± 0,09	0,26	0,47	4,79 ± 1,21
0	15	0,27 ± 0,11	0,13	0,42	3,86 ± 1,59

Nije zabilježena statistički značajna razlika u potrošnji kisika kunjke u odnosu na različite količine hrane. Vrijeme hranjenja određenom količinom hrane nije značajno utjecalo na potrošnju kisika (Tablica 4.1.2.1.2.).

Tablica 4.1.2.1.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na potrošnju kisika kunjke.

	df	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Količina hrane	2	0,018	0,009	0,489	0,616
Dan(količina hrane)	9	0,221	0,024	1,277	0,276
Pogreška	47	0,846	0,019		

Najniže vrijednosti potrošnje kisika kunjke zabilježene su na petnaesti dan hranjenja na sva tri režima ishrane. Najviša vrijednost potrošnje kisika školjkaša utvrđena je za prvi dan hranjenja s 50% hrane (Slika 4.1.2.1.1.).



Slika 4.1.2.1.1. Odnos potrošnje kisika i vremena hranjenja kunjke za sva tri režima količine hrane.

4.1.2.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na potrošnju kisika bijele dagnje mjeren je na 60 jedinka tijekom travnja 2015. godine. Srednja vrijednost duljine uzorkovanih jedinka iznosila je 43,28 ± 3,02 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,48 ± 0,12 g. Srednje vrijednosti potrošnje kisika oscilirale su od 0,25 ± 0,09 do 0,59 ± 0,14 mg $O_2g^{-1}h^{-1}$, dok je gubitak energije zbog disanja iznosio od 3,51 ± 1,34 do 8,29 ± 2,02 $Jg^{-1}h^{-1}$ (Tablica 4.1.2.2.1.).

Tablica 4.1.2.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) potrošnje kisika i gubitka energije disanjem bijele dagnje za različite količine hrane i različito vrijeme hranjenja.

Količina hrane (%)	Dan	Potrošnja kisika mg $O_2g^{-1}h^{-1}$			Gubitak energije $Jg^{-1}h^{-1}$
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
100	1	0,42 ± 0,07	0,34	0,51	5,97 ± 1,05
100	5	0,42 ± 0,16	0,19	0,58	6,03 ± 2,27
100	10	0,39 ± 0,06	0,32	0,47	5,48 ± 0,88
100	15	0,25 ± 0,09	0,08	0,32	3,51 ± 1,34
50	1	0,30 ± 0,08	0,22	0,43	4,34 ± 1,14
50	5	0,43 ± 0,25	0,23	0,82	6,19 ± 3,60
50	10	0,59 ± 0,14	0,41	0,74	8,29 ± 2,02
50	15	0,30 ± 0,12	0,11	0,44	4,25 ± 1,71
0	1	0,28 ± 0,07	0,18	0,36	4,06 ± 1,07
0	5	0,43 ± 0,16	0,23	0,63	6,05 ± 2,24
0	10	0,40 ± 0,18	0,19	0,64	5,75 ± 2,61
0	15	0,54 ± 0,17	0,40	0,82	7,68 ± 2,44

Nije zabilježena statistički značajna razlika u potrošnji kisika bijele dagnje u odnosu na različite količine hrane. Utjecaj vremena hranjenja statistički je značajan (ugniježđena ANOVA, F = 2,704 ; P = 0,013) (Tablica 4.1.2.2.2.).

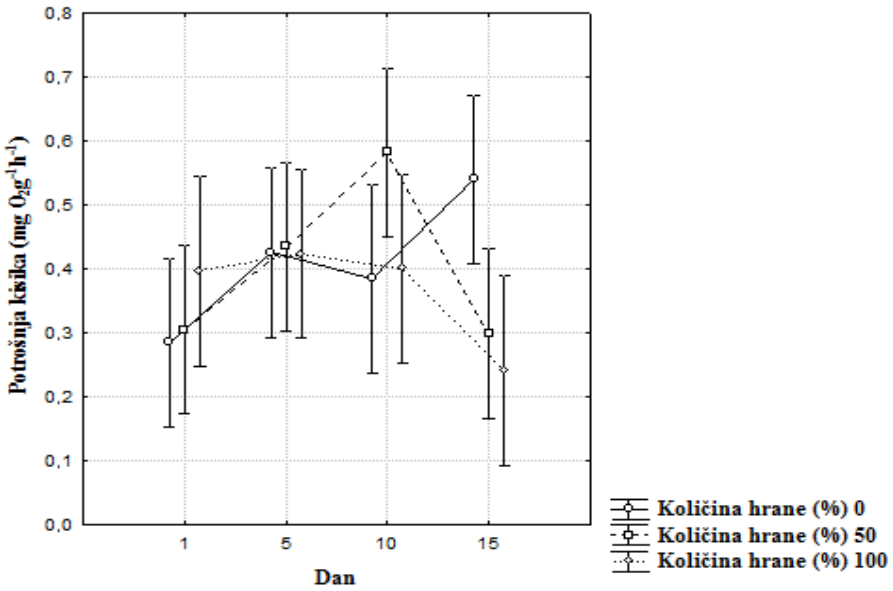
Tablica 4.1.2.2.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na potrošnju kisika bijele dagnje.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Količina hrane	2	0,020	0,010	0,472	0,626
Dan (količina hrane)	9	0,522	0,058	2,704	0,013*
Pogreška	47	0,944	0,021		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Značajnije oscilacije potrošnje kisika bijele dagnje zabilježene su deseti i petnaesti dan hranjenja. Najniže vrijednosti ispitivane metaboličke stope zabilježene su kod 100%-tnog režima ishrane petnaesti dan hranjenja, a najviše kod 50%-tnog režima ishrane deseti dan hranjenja (Slika 4.1.2.2.1.). Post-hoc Tukey test pokazao je značajnu razliku između potrošnje kisika

skupina školjkaša hranjenih 10 dana s 50% hrane i školjkaša hranjenih 15 dana sa 100% hrane (Tablica 4.1.2.2.3.).



Slika 4.1.2.2.1. Odnos potrošnje kisika i vremena hranjenja bijele dagnje za sva tri režima količine hrane.

Tablica 4.1.2.2.3. Tukey post-hoc test utjecaja količine hrane i vremena hranjenja na potrošnju kisika bijele dagnje.

Količina hrane (%)	0	0	0	0	50	50	50	50	100	100	100	100
Dan	1	5	10	15	1	5	10	15	1	5	10	15
{1}		0,93	1,00	0,24	1,00	0,89	0,09	1,00	0,99	0,93	0,99	1,00
{2}	0,93		1,00	0,98	0,98	1,00	0,86	0,96	1,00	1,00	1,00	0,77
{3}	1,00	1,00		0,91	1,00	1,00	0,68	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96
{4}	0,24	0,98	0,91		0,35	0,99	1,00	0,31	0,94	0,98	0,95	0,13
{5}	1,00	0,98	1,00	0,35		0,96	0,14	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00
{6}	0,89	1,00	1,00	0,99	0,96		0,90	0,94	1,00	1,00	1,00	0,71
{7}	0,09	0,86	0,68	1,00	0,14	0,90		0,12	0,76	0,85	0,78	0,04*
{8}	1,00	0,96	1,00	0,31	1,00	0,94	0,12		1,00	0,97	1,00	1,00
{9}	0,99	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00	0,76	1,00		1,00	1,00	0,93
{10}	0,93	1,00	1,00	0,98	0,98	1,00	0,85	0,97	1,00		1,00	0,78
{11}	0,99	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	0,78	1,00	1,00	1,00		0,92
{12}	1,00	0,77	0,96	0,13	1,00	0,71	0,04*	1,00	0,93	0,78	0,92	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.1.2.3. Usporedba potrošnje kisika između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na količinu hrane

Usporedba vrijednosti potrošnje kisika kunjke i bijele dagnje u odnosu na različite količine hrane i vrijeme hranjenja pokazala je statistički značajnu razliku kod desetog dana hranjenja s 50% hrane (t = -3,956; P = 0,004). Statistički značajna razlika u potrošnji kisika zabilježena je i petnaesti dan gladovanja (t = -2,940; P = 0,018) (Tablica 4.1.2.3.1.).

Tablica 4.1.2.3.1. Pregled rezultata t-testa za potrošnju kisika između kunjke i bijele dagnje u odnosu na količinu hrane i vrijeme hranjenja.

Količina hrane (%)	Dan	*t*	*P*
100	1	-1,001	0,355
100	5	-0,905	0,391
100	10	-0,678	0,516
100	15	-0,513	0,621
50	1	1,947	0,087
50	5	-0,583	0,575
50	10	-3,956	0,004*
50	15	-1,469	0,179
0	1	-0,195	0,849
0	5	-1,266	0,240
0	10	-0,748	0,475
0	15	-2,940	0,018*

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

4.1.3. Utjecaj veličine jedinka na potrošnju kisika

4.1.3.1. Kunjka *Arca noae*

Potrošnja kisika kunjke u odnosu na različitu duljinu ljušture mjerena je na 45 jedinka tijekom svibnja 2015. godine podijeljenih u tri veličinske kategorije. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 21,50 ± 3,21 mm, za one manje od 25 mm, 38,73 ± 6,76 mm za jedinke 25-50 mm te 57,29 ± 6,87 mm za one dulje od 50 mm. Srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva iznosila je 0,13 ± 0,08 g za najmanju, 0,35 ± 0,18 g za srednju i 1,13 ± 0,32 g za najveću kategoriju. Duljina ljušture najmanje pokusne jedinke iznosila je 14,73 mm, a najveće 80,7 mm. Srednje vrijednosti potrošnje kisika oscilirale su od 0,12 ± 0,08 do 0,40 ± 0,30 mg $O_2 g^{-1} h^{-1}$, dok je gubitak energije iznosio od 1,68 ± 1,10 do 5,63 ± 4,20 $J g^{-1} h^{-1}$ (Tablica 4.1.3.1.1.). Statistički

značajna razlika zabilježena je u potrošnji kisika školjkaša (jednosmjerna ANOVA, F = 10,543; P = 0,000) u odnosu na različite veličine jedinka (Tablica 4.1.3.1.2.).

Tablica 4.1.3.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) potrošnje kisika i gubitka energije disanjem kunjke za različite duljinske kategorije jedinka.

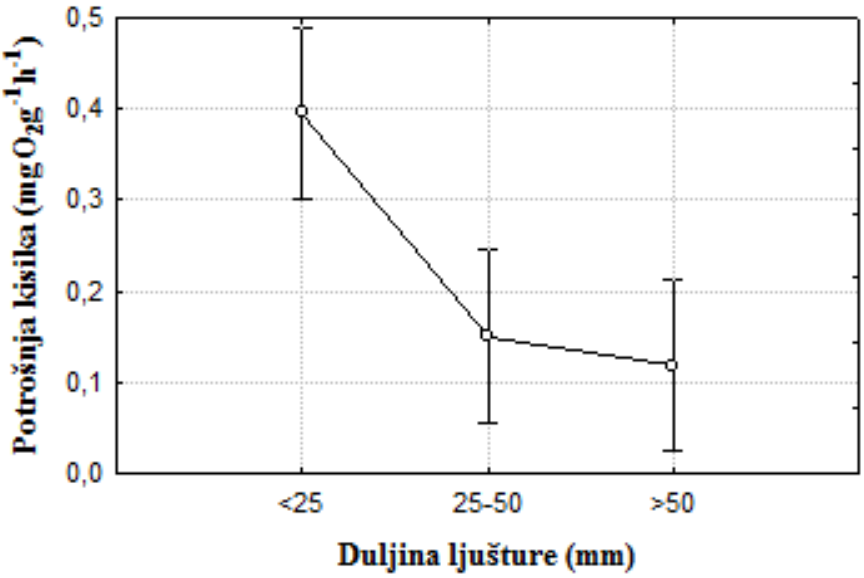
Duljina ljušture (mm)	Potrošnja kisika (mg O_2 g^{-1} h^{-1})			Gubitak energije
	$\bar{X}$ ± SD	Minimun	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
< 25	0,40 ± 0,30	0,04	1,06	5,63 ± 4,20
25-50	0,15 ± 0,07	0,05	0,32	2,14 ± 1,00
> 50	0,12 ± 0,08	0,04	0,24	1,68 ± 1,10

Tablica 4.1.3.1.2. Rezultati jednosmjerne ANOVA-e za utjecaj veličine kunjke na potrošnju kisika.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Duljina ljušture	2	0,688	0,344	10,543	0,000*
Pogreška	42	1,372	0,032		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Najniže vrijednosti potrošnje kisika kunjke zabilježene su za jedinke dulje od 50 mm. Najviše vrijednosti mjerene metaboličke stope utvrđene su za školjkaše manje od 25 mm (Slika 4.1.3.1.1.**)**.



Slika 4.1.3.1.1. Odnos potrošnje kisika i duljine ljušture kunjke.

Post-hoc Tukey test pokazao je da postoji statistički značajna razlika između školjkaša čija je duljina ljušture < 25 mm u odnosu na one od 25 do 50 mm. Također značajna razlika zabilježena je između školjkaša < 25 mm u odnosu na školjkaše > 50mm (Tablica 4.1.3.1.3).

Tablica 4.1.3.1.3. Tukey post-hoc test potrošnje kisika između različitih veličinskih kategorija kunjke.

Duljina ljušture	{1}	{2}	{3}
< 25		0,001*	0,000*
25-50	0,001*		0,876
> 50	0,000*	0,876	

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

4.1.3.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Utjecaj veličine bijele dagnje na potrošnju kisika ispitan je na 45 jedinka tijekom svibnja i lipnja 2014. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 24,45 ± 0,66 mm za najmanje (< 25mm), 38,25 ± 4,26 mm za srednje (25-50 mm) i 56,94 ± 4,50 mm za najdulje jedinke (> 50 mm). Srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva iznosila je 0,08 ± 0,04 g za najmanju, 0,37 ± 0,13 g za srednju i 0,96 ± 0,19 g za najveću duljinsku kategoriju. Duljina ljušture najmanje pokusne jedinke iznosila je 20,80 mm, a najveće 63,80 mm. Srednje vrijednosti potrošnje kisika oscilirale su od 0,17 ± 0,06 do 0,82 ± 0,53 mg $O_2g^{-1}h^{-1}$, dok je gubitak energije varirao od 2,44 ± 0,90 do 11,63 ± 7,48 $Jg^{-1}h^{-1}$ (Tablica 4.1.3.2.1.). Zabilježena je statistički značajna razlika u potrošnji kisika školjkaša (jednosmjerna ANOVA, F=19,99; P =0,000) u odnosu na različite duljine jedinka (Tablica 4.1.3.2.2.).

Tablica 4.1.3.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) potrošnje kisika i gubitka energije disanjem bijele dagnje za različite duljinske kategorije jedinka.

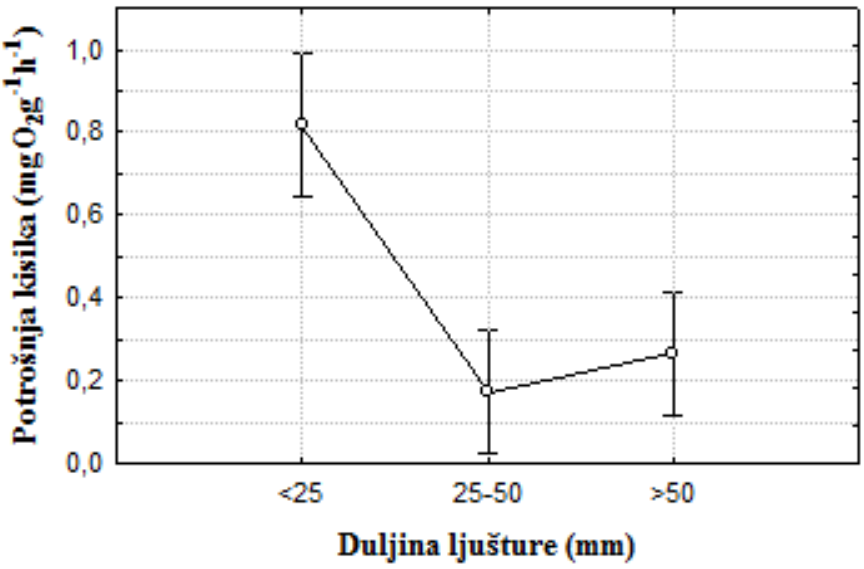
Duljina ljušture	Potrošnja kisika (mg $O_2g^{-1}h^{-1}$)			Gubitak energije ($Jg^{-1}h^{-1}$)
(mm)	$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
< 25	0,82 ± 0,53	0,15	1,55	11,63 ± 7,48
25-50	0,17 ± 0,06	0,08	0,29	2,44 ± 0,90
> 50	0,27 ± 0,13	0,06	0,51	3,80 ± 1,87

Tablica 4.1.3.2.2. Rezultati jednosmjerne ANOVA-e za utjecaj veličine bijele dagnje na potrošnju kisika.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Duljina ljušture	2	3,073	1,536	19,999	0,000*
Pogreška	39	2,996	0,076		

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

Najniže vrijednosti potrošnje kisika bijele dagnje primijećene su za jedinke duljine ljušture 25-50 mm. Najviše vrijednosti mjerene metaboličke stope utvrđene su za školjkaše manje od 25 mm (Slika 4.1.3.2.1.).



Slika 4.1.3.2.1. Odnos potrošnje kisika i duljine ljušture bijele dagnje.

Post-hoc Tukey test pokazao je da postoji značajna razlika između jedinki manjih od 25 mm u odnosu na školjkaše duljine ljušture od 25 do 50 mm. Također značajna je razlika između školjkaša manjih od 25 mm u odnosu na školjkaše duljine ljušture veće od 50 mm (Tablica 4.1.3.2.3).

Tablica 4.1.3.2.3. Tukey post-hoc test utjecaja veličine jedinka bijele dagnje na potrošnju kisika.

Duljina ljušture (mm)	{1}	{2}	{3}
< 25		0,000*	0,000*
25-50	0,000*		0,614
> 50	0,000*	0,614	

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

4.1.3.3. Usporedba potrošnje kisika između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na veličinu jedinka

Usporedba vrijednosti potrošnje kisika u odnosu na različite veličine jedinka između istraživanih vrsta školjkaša pokazala je statistički značajnu razliku za jedinke manje od 25 mm (t= -2,610; P = 0,015). Statistički značajna razlika između vrsta zabilježena je i za školjkaše dulje od 50 mm (t = -3,780; P = 0,000) (Tablica 4.1.3.3.1.).

Tablica 4.1.3.3.1. Pregled rezultata t-testa za potrošnju kisika između kunjke i bijele dagnje u odnosu na veličinu jedinka.

Duljina ljušture (mm)	t	P
< 25	-2,610	0,015*
25-50	-0,845	0,405
> 50	-3,780	0,000*

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

4.2. Izlučivanje amonijaka

4.2.1. Utjecaj različitih vrijednosti saliniteta morske vode na izlučivanje amonijaka

4.2.1.1. Kunjka *Arca noae*

Izlučivanje amonijaka kunjke u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode mjereno je na 105 jedinka tijekom studenog 2015. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 45,26 ± 5,41 mm, a suhe mase mekog tkiva 0,62 ± 0,41 g. Srednje vrijednosti izlučivanja amonijaka oscilirale su od 2,14 ± 1,52 do 7,22 ± 6,04 $\mu molNH_4 g^{-1}h^{-1}$, dok je gubitak energije zbog izlučivanja oscilirao od 0,75 ± 0,53 do 2,36 ± 2,14 $Jg^{-1}h^{-1}$ (Tablica 4.2.1.1.1.).

Tablica 4.2.1.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) izlučivanja amonijaka i gubitka energije izlučivanjem kunjke za različite salinitete i vrijeme izlaganja.

Salinitet (psu)	dan	Izlučivanje amonijaka ($\mu molNH_4 g^{-1}h^{-1}$)			Gubitak energije ($Jg^{-1}h^{-1}$)
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
37	1	5,53 ± 4,58	0,07	13,24	1,94 ± 1,60
30	1	7,22 ± 6,04	0,39	19,20	2,36 ± 2,14
30	5	5,46 ± 5,37	0,25	19,42	1,91 ± 1,88
25	1	2,14 ± 1,52	0,26	4,97	0,75 ± 0,53
25	5	5,00 ± 4,42	0,42	15,94	1,62 ± 1,56
20	1	4,11 ± 4,13	0,13	13,35	1,34 ± 1,44
20	5	2,60 ± 2,80	0,29	8,33	0,91 ± 0,98

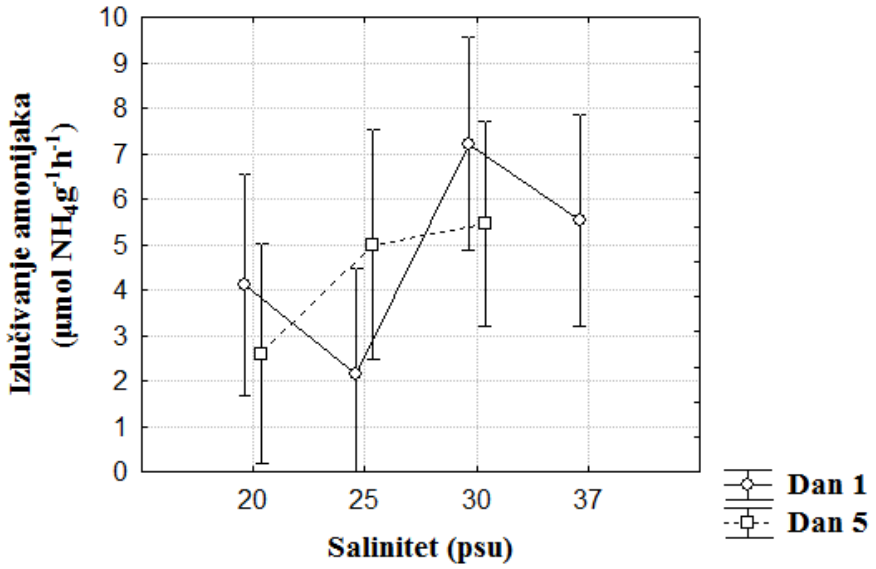
Zabilježena je statistički značajna razlika u izlučivanju amonijaka kunjke (ugniježđena ANOVA, F = 2,896; P = 0,039) u odnosu na različite vrijednosti saliniteta. Vrijeme izlaganja određenom salinitetu nije značajno utjecalo na stopu izlučivanja školjkaša (Tablica 4.2.1.1.2.).

Tablica 4.2.1.1.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj saliniteta i vremena izlaganja na izlučivanje amonijaka kunjke.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Salinitet	3	167,421	55,807	2,896	0,039*
Dan(salinitet)	3	89,955	29,985	1,556	0,205
Pogreška	88	1695,263	19,264		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Najniže vrijednosti izlučivanja amonijaka utvrđene su za školjkaše izložene salinitetu od 25 psu prvi dan. Najviše vrijednosti stope izlučivanja zabilježene su za kunjke izložene salinitetu od 30 psu prvi dan (Slika 4.2.1.1.1.). Post-hoc Tukey test pokazao je značajnu razliku izlučivanja amonijaka između skupina školjkaša pri salinitetu od 25 i 30 psu prvi dan (Tablica 4.2.1.1.3.).



Slika 4.2.1.1.1. Odnos izlučivanja amonijaka kunjke i saliniteta morske vode tijekom prvog i petog dana izlaganja.

Tablica 4.2.1.1.3. Tukey post-hoc test izlučivanja amonijaka između skupina kunjka izloženih različitim vrijednostima saliniteta morske vode i vremenu izlaganja.

Salinitet	dan	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
20	1		0,975	0,904	0,998	0,526	0,983	0,979
20	5	0,975		0,999	0,819	0,102	0,605	0,596
25	1	0,904	0,999		0,646	0,044*	0,398	0,394
25	5	0,998	0,819	0,646		0,856	0,999	0,999
30	1	0,526	0,102	0,044*	0,856		0,933	0,948
30	5	0,983	0,605	0,398	0,999	0,933		1,000
37	1	0,979	0,596	0,394	0,999	0,948	1,000	

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

4.2.1.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Utjecaj saliniteta morske vode na izlučivanje amonijaka bijele dagnje mjeren je na 109 jedinka tijekom travnja i svibnja 2014. godine. Srednja vrijednost duljine uzorkovanih jedinka iznosila je 47,81 ± 4,88 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,69 ± 0,21 g. Srednje vrijednosti izlučivanja amonijaka oscilirale su od 0,98 ± 0,53 do 2,78 ± 2,96 µmolNH4$g^{-1}h^{-1}$, dok je gubitak energije zbog izlučivanja oscilirao od 0,34 ± 0,19 do 0,97 ± 1,03 $Jg^{-1}h^{-1}$ (Tablica 4.2.1.2.1.).

Tablica 4.2.1.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) izlučivanja amonijaka i gubitka energije izlučivanjem bijele dagnje za različite vrijednosti saliniteta morske vode.

Salinitet (psu)	Dan	Izlučivanje amonijaka (μmol$NH_4g^{-1}h^{-1}$)			Gubitak energije ($Jg^{-1}h^{-1}$)
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
37	1	1,21 ± 0,78	0,13	2,40	0,40 ± 0,28
30	1	1,02 ± 0,94	0,11	2,82	0,36 ± 0,33
30	5	1,29 ± 0,65	0,36	2,76	0,45 ± 0,23
25	1	2,34 ± 1,35	0,46	5,19	0,82 ± 0,47
25	5	1,98 ± 1,11	0,03	3,80	0,60 ± 0,43
20	1	0,98 ± 0,53	0,13	2,30	0,34 ± 0,19
20	5	2,78 ± 2,96	0,14	9,41	0,97 ± 1,03

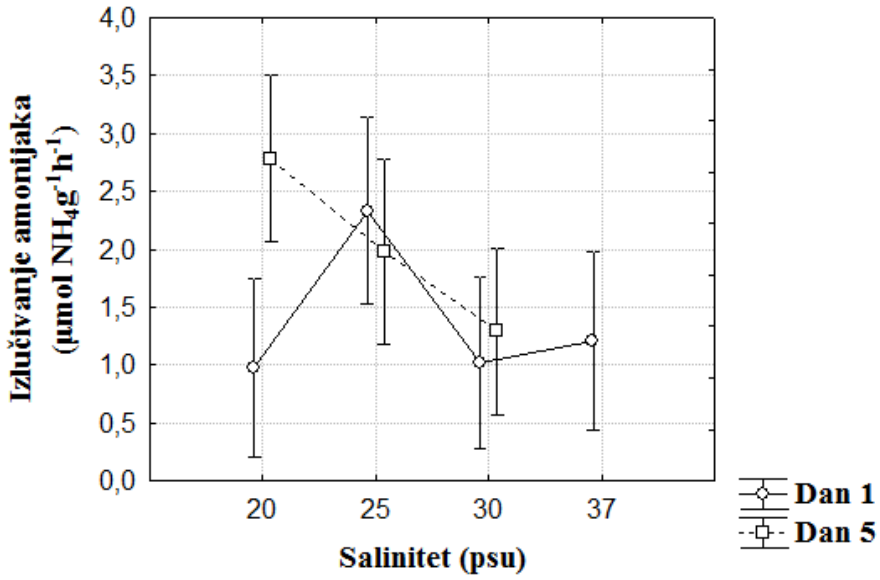
Salinitet nije značajno utjecao na izlučivanje amonijaka kod bijele dagnje. Zabilježena je statistički značajna razlika utjecaja vremena izlaganja određenom salinitetu (ugniježđena ANOVA, F = 4,304; P = 0,006) (Tablica 4.2.1.2.2.).

Tablica 4.2.1.2.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj saliniteta i vremena izlaganja na izlučivanje amonijaka bijele dagnje.

	df	*SS*	*MS*	*F*	*P*
Salinitet	3	16,694	5,564	2,615	0,055
Dan(salinitet)	3	27,474	9,158	4,304	0,006*
Pogreška	97	206,393	2,127		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Najniže vrijednosti izlučivanja amonijaka zabilježene su za jedinke bijele dagnje izložene prvi dan salinitetu od 20 psu. Najviše vrijednosti stope izlučivanja utvrđene su za školjkaše izložene peti dan salinitetu od 20 psu (Slika 4.2.1.2.1.).



Slika 4.2.1.2.1. Odnos izlučivanja amonijaka bijele dagnje i saliniteta morske vode tijekom prvog i petog dana izlaganja.

Rezultati post-hoc Tukey testa pokazuju statistički značajnu razliku izlučivanja školjkaša izloženih prvi dan salinitetu od 20 psu i peti dan salinitetu od 20 psu, 30 psu prvi dan i 37 psu prvi dan. Statistički značajna razlika zabilježena je i između skupina školjkaša izloženih 30 psu prvi dan i 20 psu peti dan te 20 psu peti dan i 37 psu prvi dan (Tablica 4.2.1.2.3).

Tablica 4.2.1.2.3. Tukey post-hoc test izlučivanja amonijaka između skupina jedinka bijele dagnje izloženih različitim vrijednostima saliniteta morske vode tijekom prvog i petog dana izlaganja.

Salinitet	Dan	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
20	1		0,018*	0,205	0,823	1,000	0,997	1,000
20	5	0,018*		0,982	0,400	0,019*	0,069	0,035*
25	1	0,205	0,982		0,920	0,221	0,474	0,322
25	5	0,823	0,400	0,920		0,851	0,984	0,930
30	1	1,000	0,019*	0,221	0,851		0,999	1,000
30	5	0,997	0,069	0,474	0,984	0,999		1,000
37	1	1,000	0,035*	0,322	0,930	1,000	1,000	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.2.1.3. Usporedba izlučivanja amonijaka između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na salinitet morske vode

Usporedbom vrijednosti izlučivanja amonijaka kunjke i bijele dagnje u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode i vrijeme izlaganja zabilježena je statistički značajna razlika između vrsta za salinitet od 37 psu prvi dan izlaganja (t = 3,481; P= 0,001), 30 psu prvi (t= 3,925; P = 0,000) i peti dan (t = 3,087; P = 0,004). Statistički značajna razlika između vrsta je utvrđena i za peti dan izlaganja salinitetu od 25 psu (t = 2,391; P = 0,025) (Tablica 4.2.1.3.1.).

Tablica 4.2.1.3.1. Pregled rezultata t-testa za izlučivanje amonijaka između kunjke i bijele dagnje u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode.

Salinitet (psu)	Dan	*t*	*P*
37	1	3,481	0,001*
30	1	3,925	0,000*
30	5	3,087	0,004*
25	1	-0,352	0,727
25	5	2,391	0,025*
20	1	2,011	0,054
20	5	-0,163	0,871

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

4.2.2. Utjecaj količine hrane na izlučivanje amonijaka

4.2.2.1 Kunjka *Arca noae*

Utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na izlučivanje amonijaka kunjke mjeren je na 60 jedinka tijekom svibnja i lipnja 2015. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 44,62 ± 4,25 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,70 ± 0,30 g. Srednje vrijednosti izlučivanja amonijaka oscilirale su od 0,56 ± 0,26 do 4,46 ± 1,06 $\mu molNH_4g^{-1}h^{-1}$, dok je gubitak energije zbog izlučivanja kolebao od 0,20 ± 0,09 do 1,56 ± 0,37 $Jg^{-1}h^{-1}$ (Tablica 4.2.2.1.1.).

Tablica 4.2.2.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) izlučivanja amonijaka i gubitka energije izlučivanjem kunjke za različite količine hrane.

Količina hrane (%)	Dan	Izlučivanje amonijaka (μmol$NH_4g^{-1}h^{-1}$)			Gubitak energije ($Jg^{-1}h^{-1}$)
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
100	1	0,56 ± 0,26	0,34	0,93	0,20 ± 0,09
100	5	1,08 ± 0,29	0,77	1,46	0,38 ± 0,10
100	10	0,98 ± 0,17	0,79	1,20	0,34 ± 0,06
100	15	1,08 ± 0,31	0,70	1,51	0,38 ± 0,11
50	1	1,27 ± 0,35	0,85	1,79	0,44 ± 0,12
50	5	2,35 ± 0,99	1,71	4,12	0,82 ± 0,35
50	10	2,46 ± 0,75	1,49	3,25	0,86 ± 0,26
50	15	2,63 ± 0,69	1,59	3,30	0,92 ± 0,24
0	1	1,57 ± 0,45	0,90	1,99	0,55 ± 0,16
0	5	3,12 ± 1,20	1,71	4,49	1,09 ± 0,42
0	10	3,88 ± 1,21	2,75	5,89	1,36 ± 0,42
0	15	4,46 ± 1,06	3,08	5,54	1,56 ± 0,37

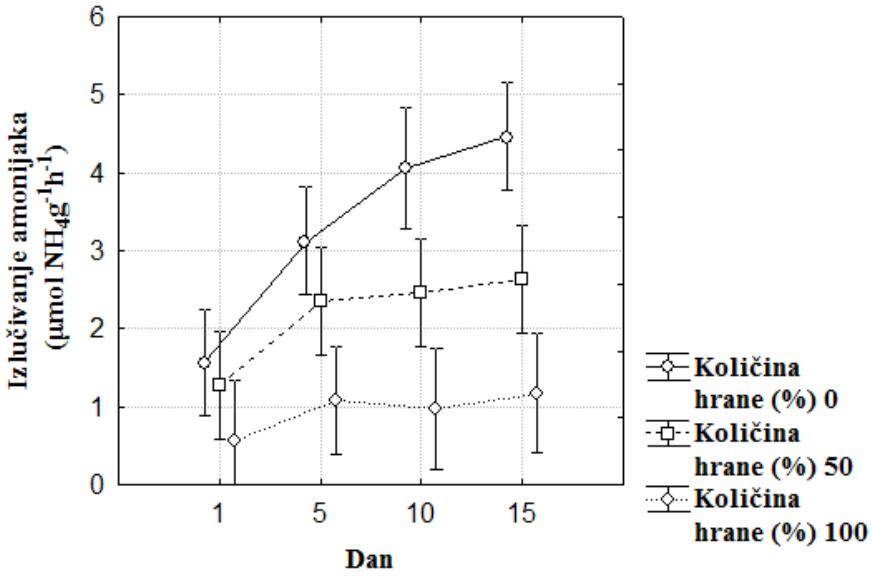
Zabilježena je statistički značajna razlika u izlučivanju amonijaka kunjke u odnosu na različite količine hrane (ugniježđena ANOVA, F = 41,867; P = 0,000). Vrijeme hranjenja školjkaša također je pokazalo statistički značajan utjecaj na stopu izlučivanja (ugniježđena ANOVA, F = 5,824; P = 0,000) (Tablica 4.2.2.1.2.).

Tablica 4.2.2.1.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na izlučivanje amonijaka kunjke.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Količina hrane	2	49,119	24,560	41,867	0,000*
Dan (količina hrane)	9	30,756	3,416	5,824	0,000*
Pogreška	44	25,811	0,587		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Najniže vrijednosti izlučivanja amonijaka zabilježene su za prvi dan hranjenja sa 100% hrane, a najviše za petnaesti dan gladovanja školjkaša. Kod izgladnjelih životinja (0% hrane) s porastom vremena povećava se izlučivanje amonijaka (Slika 4.2.2.1.1.).



Slika 4.2.2.1.1. Odnos izlučivanja amonijaka i vremena hranjenja kunjke za sva tri režima količine hrane.

Rezultati post-hoc Tukey testa pokazuju statistički značajnu razliku u izlučivanju amonijaka između sljedećih skupina školjkaša: bez hrane jedan dan i bez hrane pet dana, bez hrane jedan dan i bez hrane 10 dana, bez hrane pet dana i hranjenih jedan dan s 50% hrane, bez hrane pet dana i svih koji su hranjeni sa 100% hrane, bez hrane 15 dana i svih koji su hranjeni s 50% hrane te bez hrane 15 dana i svih koji su hranjeni sa 100% hrane. Statistički značajna razlika zabilježena je i između školjkaša koji nisu hranjeni 10 dana i jedan dan hranjenih s 50%, te onih koji nisu hranjeni 10 dana i svih hranjenih sa 100% hrane. Između školjkaša koji su hranjeni jedan dan sa 100% hrane i onih pet dana hranjenih s 50% hrane te hranjenih jedan dan sa 100% hrane i 10 dana s 50%, također je zabilježena statistički značajna razlika u izlučivanju amonijaka (Tablica 4.2.1.2.3).

Tablica 4.2.2.1.3. Tukey post-hoc test izlučivanja amonijaka između skupina kunjki izloženih različitim vrijednostima količine hrane i različitom vremenu izlaganja.

Količina hrane (%)	0	0	0	0	50	50	50	50	100	100	100	100
Dan	1	5	10	15	1	5	10	15	1	5	10	15
{1}		0,09	0,00*	0,00*	1,00	0,89	0,78	0,55	0,72	1,00	0,99	1,00
{2}	0,09		0,80	0,23	0,02*	0,91	0,97	1,00	0,00*	0,01*	0,01*	0,02*
{3}	0,00*	0,80		1,00	0,00*	0,07	0,12	0,23	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
{4}	0,00*	0,23	1,00		0,00*	0,00*	0,01*	0,02*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
{5}	1,00	0,02*	0,00*	0,00*		0,53	0,39	0,21	0,96	1,00	1,00	1,00
{6}	0,89	0,91	0,07	0,00*	0,53		1,00	1,00	0,05	0,30	0,27	0,49
{7}	0,78	0,97	0,12	0,01*	0,39	1,00		1,00	0,03*	0,19	0,18	0,36
{8}	0,55	1,00	0,23	0,02*	0,21	1,00	1,00		0,01*	0,09	0,09	0,20
{9}	0,72	0,00*	0,00*	0,00*	0,96	0,05	0,03*	0,01*		1,00	1,00	0,99
{10}	1,00	0,01*	0,00*	0,00*	1,00	0,30	0,19	0,09	1,00		1,00	1,00
{11}	0,99	0,01*	0,00*	0,00*	1,00	0,27	0,18	0,09	1,00	1,00		1,00
{12}	1,00	0,02*	0,00*	0,00*	1,00	0,49	0,36	0,20	0,99	1,00	1,00	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.2.2.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na izlučivanje amonijaka bijele dagnje mjeren je na 60 jedinka tijekom travnja 2015. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 43,28 ± 3,02 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,48 ± 0,12g. Srednje vrijednosti izlučivanja amonijaka oscilirale su od 0,84 ± 0,17 do 3,89 ± 0,82 $\mu molNH_4g^{-1}h^{-1}$, a gubitak energije je zbog izlučivanja kolebao od 0,29 ± 0,06 do 1,36 ± 0,29 $Jg^{-1}h^{-1}$ (Tablica 4.2.2.2.1.).

Tablica 4.2.2.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) izlučivanja amonijaka i gubitka energije izlučivanjem bijele dagnje za različite količine hrane i vrijeme hranjenja.

Količina hrane (%)	Dan	Izlučivanje amonijaka ($\mu molNH_4g^{-1}h^{-1}$)			Gubitak energije ($Jg^{-1}h^{-1}$)
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
100	1	0,84 ± 0,17	0,64	1,10	0,29 ± 0,06
100	5	0,88 ± 0,56	0,45	1,84	0,31 ± 0,19
100	10	1,08 ± 0,41	0,72	1,79	0,38 ± 0,15
100	15	1,64 ± 1,04	0,37	3,27	0,57 ± 0,36
50	1	0,95 ± 0,35	0,62	1,52	0,33 ± 0,12
50	5	1,39 ± 0,65	0,57	2,26	0,49 ± 0,23
50	10	2,39 ± 0,94	1,32	3,66	0,84 ± 0,33
50	15	2,49 ± 0,92	1,50	3,76	0,87 ± 0,32
0	1	0,94 ± 0,51	0,40	1,70	0,33 ± 0,18
0	5	2,46 ± 1,10	1,06	3,38	0,86 ± 0,38
0	10	2,53 ± 0,92	1,43	3,62	0,89 ± 0,32
0	15	3,89 ± 0,82	2,97	5,11	1,36 ± 0,29

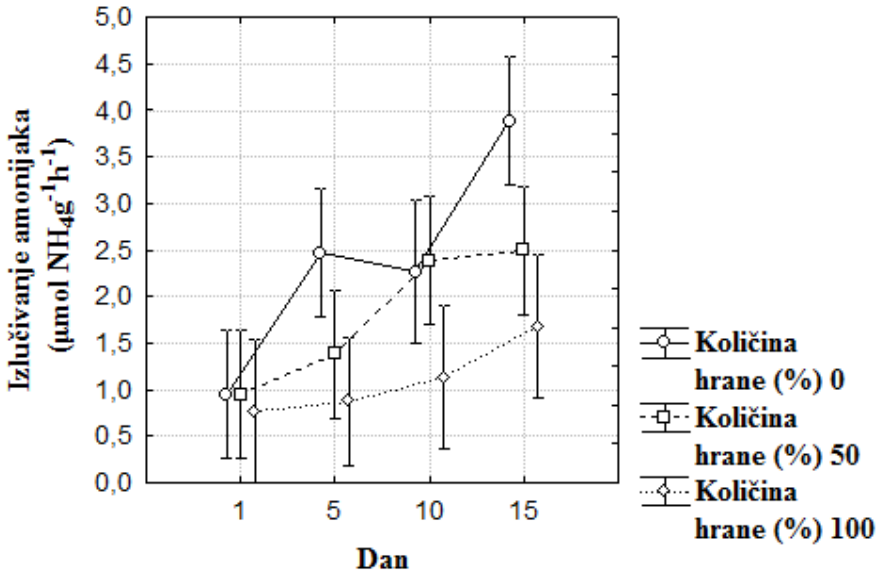
Količina hrane je statistički značajno utjecala na izlučivanje amonijaka bijele dagnje (ugniježđena ANOVA, F = 12,386; P = 0,000). Vrijeme hranjenja također je značajno utjecalo na stopu izlučivanja (ugniježđena ANOVA, F = 6,158; P = 0,000) (Tablica 4.2.2.2.2.).

Tablica 4.2.2.2.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na izlučivanje amonijaka bijele dagnje.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Količina hrane	2	14,474	7,237	12,386	0,000*
Dan (količina hrane)	9	32,381	3,597	6,158	0,000*
Pogreška	47	25,708	0,584		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Školjkaši u svim skupinama s porastom vremena pokazuju povećano izlučivanje amonijaka. Najniže vrijednosti stope izlučivanja zabilježene su prvi dan hranjenja sa 100% hrane dok su najviše vrijednosti za petnaesti dan bez hrane (Slika 4.2.2.2.1.).



Slika 4.2.2.2.1. Odnos izlučivanja amonijaka i vremena hranjenja bijele dagnje za sva tri režima količine hrane.

Rezultati post-hoc Tukey testa pokazuju statistički značajnu razliku izlučivanja sljedećih skupina školjkaša: bez hrane jedan dan i bez hrane 15 dana, bez hrane 15 dana i hranjenih jedan dan s 50% hrane, bez hrane 15 dana i pet dana hranjenih s 50% hrane. Statistički značajna razlika zabilježena je i između skupina školjkaša koji nisu hranjeni 15 dana i svih hranjenih sa 100% hrane (Tablica 4.2.2.2.3).

Tablica 4.2.2.2.3. Tukey post-hoc test izlučivanja amonijaka između skupina bijelih dagnji izloženih različitim vrijednostima količine hrane i različitom vremenu izlaganja.

Količina hrane (%)	0	0	0	0	50	50	50	50	100	100	100	100
Dan	1	5	10	15	1	5	10	15	1	5	10	15
{1}		0,10	0,33	0,00*	1,00	1,00	0,15	0,09	1,00	1,00	1,00	0,95
{2}	0,10		1,00	0,16	0,11	0,54	1,00	1,00	0,07	0,08	0,31	0,92
{3}	0,33	1,00		0,10	0,33	0,85	1,00	1,00	0,23	0,26	0,63	0,99
{4}	0,00*	0,16	0,10		0,00*	0, 00*	0,11	0,18	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
{5}	1,00	0,11	0,33	0,00*		1,00	0,15	0,09	1,00	1,00	1,00	0,95
{6}	1,00	0,54	0,85	0,00*	1,00		0,65	0,50	0,99	1,00	1,00	1,00
{7}	0,15	1,00	1,00	0,11	0,15	0,65		1,00	0,10	0,11	0,40	0,96
{8}	0,09	1,00	1,00	0,18	0,09	0,50	1,00		0,06	0,07	0,28	0,90
{9}	1,00	0,07	0,23	0,00*	1,00	0,99	0,10	0,06		1,00	1,00	0,87
{10}	1,00	0,08	0,26	0,00*	1,00	1,00	0,11	0,07	1,00		1,00	0,92
{11}	1,00	0,31	0,63	0,00*	1,00	1,00	0,40	0,28	1,00	1,00		1,00
{12}	0,95	0,92	0,99	0,00*	0,95	1,00	0,96	0,90	0,87	0,92	1,00	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.2.2.3. Usporedba izlučivanja amonijaka u odnosu na količinu hrane između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus*

Nema statistički značajne razlike u izlučivanju amonijaka između istraživanih vrsta. S obzirom na vrijeme hranjenja također nema statistički značajne razlike u izlučivanju između istraživanih vrsta (Tablica 4.2.2.3.1.).

Tablica 4.2.2.3.1. Pregled rezultata t-testa za izlučivanje amonijaka između kunjke i bijele dagnje u odnosu na količinu hrane i vrijeme hranjenja.

Količina hrane (%)	Dan	t	P
100	1	-1,491	0,187
100	5	0,719	0,492
100	10	-0,462	0,658
100	15	-1,153	0,282
50	1	1,457	0,183
50	5	1,816	0,107
50	10	0,141	0,891
50	15	0,274	0,791
0	1	2,042	0,075
0	5	0,901	0,394
0	10	1,987	0,082
0	15	0,950	0,370

4.2.3. Utjecaj veličine jedinka na izlučivanje amonijaka

4.2.3.1. Kunjka *Arca noae*

Izlučivanje amonijaka kunjke u odnosu na različite veličine jedinka mjereno je na 45 jedinka tijekom ožujka 2015. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 21,50 ± 3,21 mm za primjerke manje od 25 mm, 38,73 ± 6,76 mm za one između 25 i 50 mm, a 57,29 ± 6,87 mm za jedinke dulje od 50 mm. Za školjkaše do 25 mm veličine srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva iznosila je 0,13 ± 0,08 g, za one veličine 25-50 mm 0,35 ± 0,18 g, te za primjerke dulje od 50 mm 1,13 ± 0,32 g. Duljina ljušture najmanje pokusne jedinke bila je 14,73 mm, a najveće 80,7 mm. Srednje vrijednosti izlučivanja amonijaka oscilirale su od 0,261 ± 0,16 do 2,73 ± 2,71 $\mu molNH_4g^{-1}h^{-1}$, a gubitak energije zbog izlučivanja od 0,08 ± 0,06 do 0,88 ± 0,94 $Jg^{-1}h^{-1}$ (Tablica 4.2.3.1.1.). Zabilježena je statistički značajna razlika u izlučivanju amonijaka školjkaša

(jednosmjerna ANOVA, F = 8,899; P = 0,000) u odnosu na različite veličine jedinka (Tablica 4.2.3.1.2.).

Tablica 4.2.3.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) izlučivanja amonijaka i gubitka energije izlučivanjem za različite veličine jedinka kunjke.

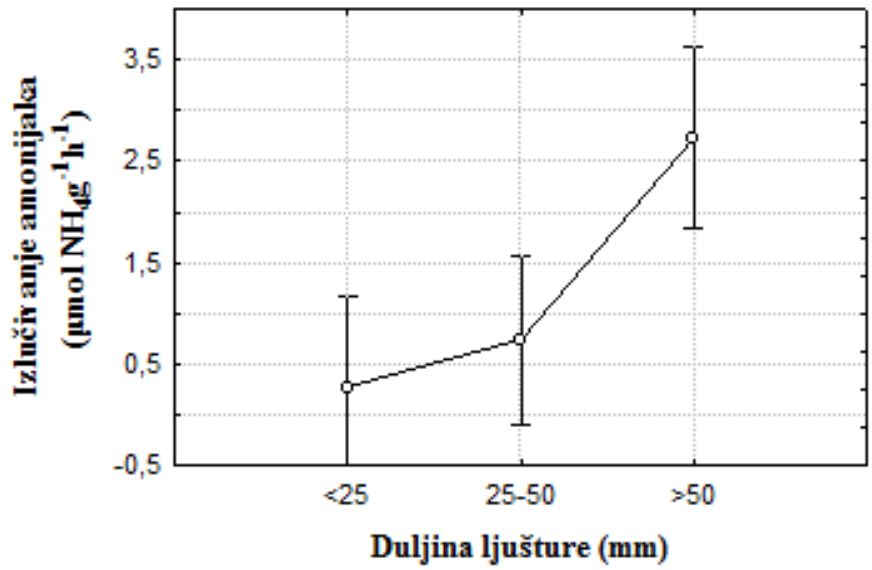
Duljina ljušture	Izlučivanje amonijaka (μmol$NH_4g^{-1}h^{-1}$)			Gubitak energije ($Jg^{-1}h^{-1}$)
(mm)	$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
< 25	0,26 ± 0,16	0,11	0,60	0,08 ± 0,06
25-50	0,74 ± 0,76	0,03	2,60	0,26 ± 0,26
> 50	2,73 ± 2,71	0,12	7,10	0,89 ± 0,94

Tablica 4.2.3.1.2. Rezultati jednosmjerne ANOVA-e za utjecaj veličine kunjke na izlučivanje amonijaka.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Duljina ljušture	2	45,111	22,555	8,899	0,000*
Pogreška	38	96,307	2,534		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Najniže vrijednosti izlučivanja primijećene su za najmanje školjkaše, a najviše za one najveće (Slika 4.2.3.1.1.). Post-hoc Tukey test pokazao je značajnu razliku izlučivanja amonijaka između najmanjih (< 25 mm) i najvećih (> 50 mm) te srednjih (25-50 mm) i najvećih kunjki (> 50 mm) (Tablica 4.2.3.1.3).



Slika 4.2.3.1.1. Odnos izlučivanja amonijaka i veličine ljušture kunjke.

Tablica 4.2.3.1.3. Tukey post-hoc test izlučivanja amonijaka između različitih veličinskih skupina kunjke.

Duljina ljušture	{1}	{2}	{3}
< 25		0,712	0,001*
25-50	0,712		0,005*
> 50	0,001*	0,005*	

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

4.2.3.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Utjecaj veličine školjkaša na izlučivanje amonijaka bijele dagnje mjeren je na 45 jedinka tijekom svibnja i lipnja 2014. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 24,45 ± 0,66 mm za one manje od 25 mm, 38,25 ± 4,26 mm za školjkaše duljine 25-50 mm, a 56,94 ± 4,50 mm za one dulje od 50 mm. Srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva iznosila je 0,08 ± 0,04 g za jedinke manje od 25 mm, 0,37 ± 0,13 g za jedinke duljine 25-50 mm te 0,96 ± 0,19 g za one dulje od 50 mm. Duljina ljušture najmanje jedinke bila je 20,80 mm, a najveće 63,80 mm. Srednje vrijednosti izlučivanja amonijaka oscilirale su od 0,79 ± 0,86 do 1,09 ± 0,62 $\mu molNH_4g^{-1}h^{-1}$, a gubitak energije zbog izlučivanja od 0,22 ± 0,30 do 0,38 ± 0,22 $Jg^{-1}h^{-1}$ (Tablica 4.1.3.2.1.). Nije zabilježena statistički značajna razlika u izlučivanju amonijaka u odnosu na različite veličine jedinka (Tablica 4.2.3.2.2.).

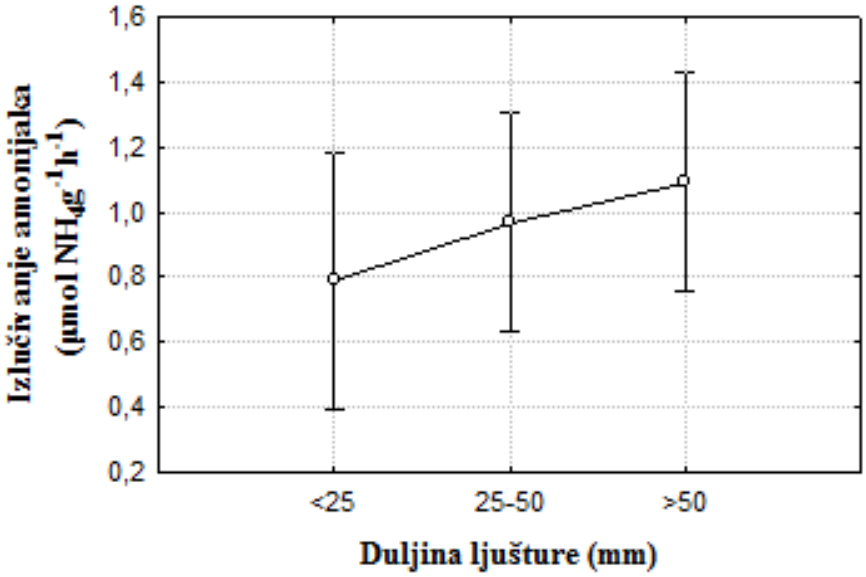
Tablica 4.2.3.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) izlučivanja amonijaka i gubitka energije izlučivanjem bijele dagnje za različite veličine jedinka.

Duljina ljušture	Izlučivanje amonijaka ($\mu molNH_4g^{-1}h^{-1}$)			Gubitak energije ($Jg^{-1}h^{-1}$)
(mm)	$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum	$\bar{X}$ ± SD
< 25	0,79 ± 0,86	0,01	2,96	0,22 ± 0,30
25-50	0,97 ± 0,46	0,17	1,76	0,34 ± 0,16
> 50	1,09 ± 0,62	0,34	2,55	0,38 ± 0,22

Tablica 4.2.3.2.2. Rezultati jednosmjerne ANOVA-e za utjecaj veličine bijele dagnje na izlučivanje amonijaka.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Duljina ljušture	2	0,580	0,290	0,700	0,502
Pogreška	38	15,745	0,414		

Najniže vrijednosti izlučivanja amonijaka bijele dagnje zabilježene su za jedinke manje od 25 mm. Najviše vrijednosti stope izlučivanja utvrđene su za školjkaše dulje od 50 mm (Slika 4.2.3.2.1.).



Slika 4.2.3.2.1. Odnos izlučivanja amonijaka i veličine ljušture bijele dagnje.

4.2.3.3. Usporedba izlučivanja amonijaka između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na veličinu jedinka

Usporedbom vrijednosti izlučivanja amonijaka kunjke i bijele dagnje u odnosu na različite duljine ljušture zabilježena je statistički značajna razlika između vrsta kod jedinka do 25 mm veličine (t = 2,172; P = 0,040) (Tablica 4.2.3.3.1.).

Tablica 4.2.3.3.1. Pregled rezultata t-testa za izlučivanje amonijaka između kunjke i bijele dagnje u odnosu na veličinu jedinka.

Duljina ljušture (mm)	*t*	*P*
< 25	2,172	0,040*
25-50	1,011	0,320
> 50	-2,017	0,054

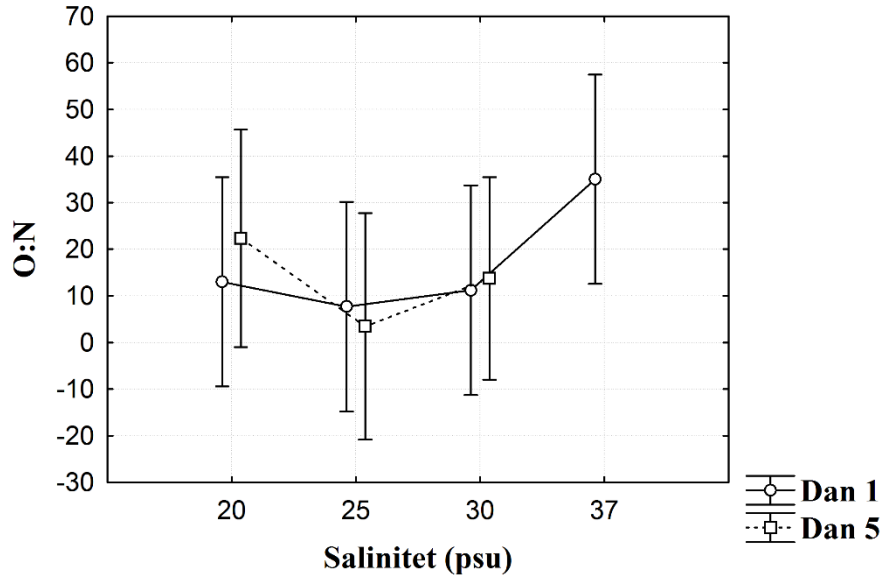
*statistički značajna razlika (P < 0,05)

4.3. O:N odnos

4.3.1. Utjecaj saliniteta morske vode na O:N odnos

4.3.1.1. Kunjka *Arca noae*

Atomski odnos kisika i dušika (O:N) određuje se na osnovi potrošnje kisika i izlučivanja amonijaka i izražen je atomskim ekvivalentima. Potrošnja kisika i izlučivanje amonijaka kunjke u odnosu na različite salinitete mjereni su na 105 jedinka tijekom studenog 2015. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 45,26 ± 5,41 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,62 ± 0,41 g. Srednje vrijednosti O:N odnosa oscilirale su od 3,44 ± 4,19 do 35,02 ± 100,38. Smanjenjem saliniteta vrijednost O:N odnosa pada (Slika 4.3.1.1.1.).



Slika 4.3.1.1.1. Rezultati O:N odnosa kunjke u ovisnosti o salinitetu morske vode tijekom prvog i petog dana izlaganja.

Salinitet nije značajno utjecao na O:N odnos. Utjecaj vremena izlaganja određenom salinitetu na O:N odnos također nije statistički značajan (Tablica 4.3.1.1.1.). Najviše vrijednosti O:N odnosa utvrđene su pri 37 psu prvi dan izlaganja, a najmanje za školjkaše izložene peti dan salinitetu od 25 psu (Tablica 4.3.1.1.2.).

Tablica 4.3.1.1.1. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj saliniteta i vremena izlaganja na O:N odnos kod kunjke.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Salinitet	3	8324,2	2774,74	1,532	0,211
Dan (salinitet)	3	633,4	211,13	0,116	0,950
Pogreška	88	159296,6	1810,19		

Tablica 4.3.1.1.2. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) O:N odnosa kunjke za različite vrijednosti saliniteta morske vode.

Salinitet (psu)	Dan	O:N		
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
37	1	35,02 ± 100,38	0,78	382,10
30	1	11,21 ± 21,82	0,87	85,45
30	5	13,75 ± 20,21	0,92	81,76
25	1	7,71 ± 9,91	0,89	32,99
25	5	3,44 ± 4,19	0,40	14,11
20	1	13,02 ± 22,88	0,60	88,98
20	5	22,36 ± 26,23	1,11	89,00

4.3.1.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Potrošnja kisika i izlučivanje amonijaka bijele dagnje u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode mjerena je na 109 jedinka tijekom travnja i svibnja 2014. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 47,81 ± 4,88 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,69 ± 0,21 g. Srednje vrijednosti O:N odnosa oscilirale su od 8,21 ± 8,56 do 32,20 ± 61,81 (Tablica 4.3.1.2.1.).

Tablica 4.3.1.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) O:N odnosa bijele dagnje za različite vrijednosti saliniteta morske vode tijekom prvog i petog dana izlaganja.

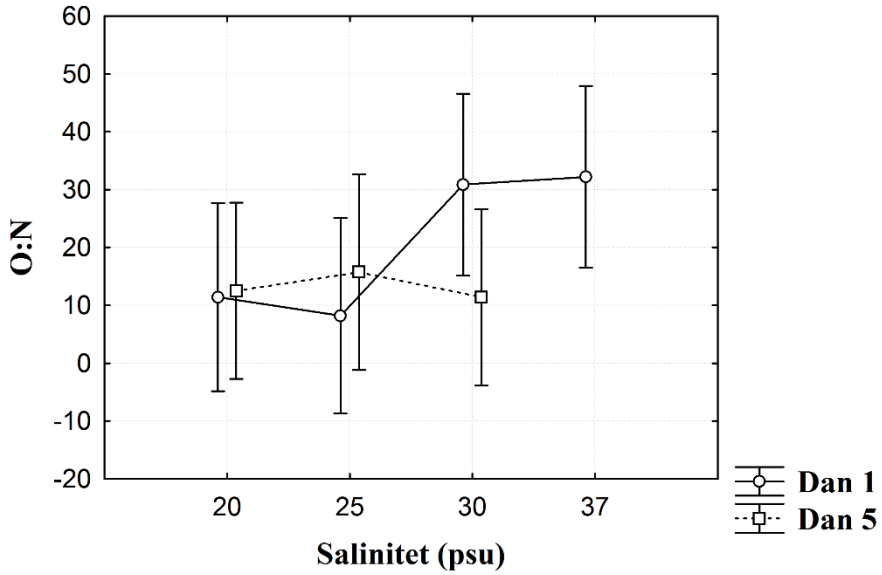
Salinitet (psu)	Dan	O:N		
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
37	1	32,20 ± 61,81	2,03	244,60
30	1	30,88 ± 38,58	2,45	116,17
30	5	11,40 ± 10,11	2,86	44,71
25	1	8,21 ± 8,56	1,67	34,00
25	5	15,75 ± 26,32	1,82	98,79
20	1	11,42 ± 9,21	2,61	33,48
20	5	12,51 ± 14,51	0,40	52,38

Utjecaj saliniteta na O:N odnos bijele dagnje nije statistički značajan. Vrijeme izlaganja također nije značajno utjecalo na O:N odnos školjkaša (Tablica 4.3.1.2.2.).

Tablica 4.3.1.2.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj saliniteta i vremena izlaganja na O:N odnos bijele dagnje.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Salinitet	3	5352,74	1784,25	1,898	0,135
Dan (salinitet)	3	3316,85	1105,62	1,176	0,323
Pogreška	95	89301,42	940,01		

Smanjenjem saliniteta O:N odnos opada. Najniže vrijednosti primijećene su za školjkaše izložene prvi dan salinitetu od 25 psu, a najviše pri 37 psu, također prvi dan izlaganja (Slika 4.3.1.2.1.).



Slika 4.3.1.2.1. Rezultati O:N odnosa bijele dagnje ovisno o salinitetu morske vode tijekom prvog i petog dana izlaganja.

4.3.1. 3. Usporedba O:N odnosa između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na salinitet morske vode

Usporedbom vrijednosti O:N odnosa kunjke i bijele dagnje u odnosu na različite salinitete i vrijeme izlaganja utvrđeno je kako ne postoji statistički značajna razlika između promatranih vrsta. Obje istraživane vrste slično reagiraju na stres izazvan promjenom saliniteta (Tablica 4.3.1.3.1.).

Tablica 4.3.1.3.1. Pregled rezultata t-testa za O:N odnos između kunjke i bijele dagnje u odnosu na salinitet.

Salinitet (psu)	Dan	*t*	*P*
37	1	-0,091	0,927
30	1	1,673	0,105
30	5	-0,412	0,682
25	1	0,140	0,889
25	5	1,599	0,123
20	1	-0,262	0,795
20	5	-1,235	0,226

4.3.2. Utjecaj količine hrane na O:N odnos

4.3.2.1. Kunjka *Arca noae*

Utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na potrošnju kisika i izlučivanje amonijaka kunjke mjeren je na 60 jedinka tijekom svibnja i lipnja 2015. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 44,62 ± 4,25 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,70 ± 0,30 g. Srednje vrijednosti O:N odnosa oscilirale su od 2,99 ± 0,98 do 30,90 ± 13,01 (Tablica 4.3.2.1.1.).

Tablica 4.3.2.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) O:N odnosa kunjke za različite režime ishrane i vrijeme hranjenja.

Količina hrane (%)	Dan	O:N		
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
100	1	30,90 ± 13,01	17,80	46,38
100	5	13,79 ± 6,18	6,97	21,42
100	10	14,61 ± 4,30	8,70	17,91
100	15	10,73 ± 5,04	6,35	18,97
50	1	17,61 ± 4,04	12,69	23,32
50	5	7,51 ± 5,59	3,07	17,23
50	10	6,74 ± 3,71	4,03	13,11
50	15	3,91 ± 2,35	1,53	7,09
0	1	8,48 ± 3,26	4,02	12,01
0	5	4,49 ± 0,71	3,49	5,31
0	10	4,60 ± 1,93	2,17	7,18
0	15	2,99 ± 0,98	1,29	3,71

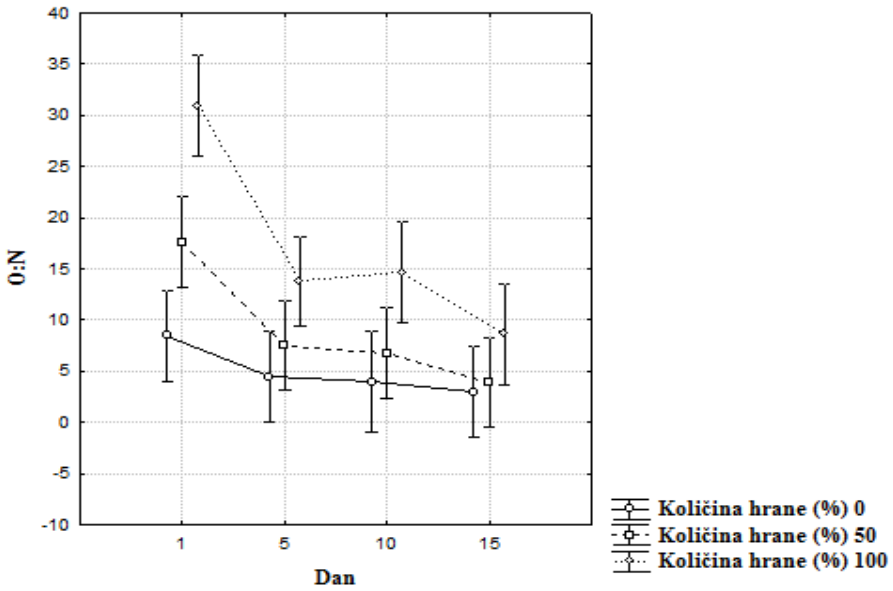
Utjecaj količine hrane na O:N odnos kunjke statistički je značajan (ugniježđena ANOVA, F = 27,522; P = 0,000). Vrijeme hranjenja utječe značajno na O:N odnos školjkaša (ugniježđena ANOVA, F = 8,097; P = 0,000) (Tablica 4.3.2.1.2.).

Tablica 4.3.2.1.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na na O:N odnos kunjke.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Količina hrane	2	1320,085	660,043	27,522	0,000*
Dan (količina hrane)	9	1747,546	194,172	8,097	0,000*
Pogreška	45	1055,204	23,982		

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

Najniže vrijednosti O:N odnosa kunjke zabilježene su petnaesti dan gladovanja, a najviše prvi dan hranjenja sa 100% količine hrane. Tijekom vremena O:N opada i najniži je petnaesti dan za sva tri režima ishrane. Školjkaši u gladovanju imaju najniži O:N odnos (Slika 4.3.2.1.1.).



Slika 4.3.2.1.1. Prikaz rezultata O:N odnosa i vremena hranjenja kunjke za sva tri režima količine hrane.

Rezultati post-hoc Tukey testa pokazuju statistički značajnu razliku O:N odnosa sljedećih skupina školjkaša: jedan dan hranjeni s 50% hrane i pet dana bez hrane, jedan dan hranjeni s 50% hrane i 10 dana bez hrane, jedan dan hranjeni s 50% hrane i 15 dana bez hrane. Statistički značajna razlika zabilježena je i između skupina školjkaša jedan i pet dana hranjenih s 50% hrane, jedan i 10 dana hranjenih s 50% hrane te između školjkaša hranjenih sa 100% hrane i svih ostalih skupina (Tablica 4.3.2.1.3).

Tablica 4.3.2.1.3. Tukey post-hoc test O:N odnosa između skupina kunjki izloženih različitim vrijednostima količinhrane i različitom vremenu izlaganja.

Količina hrane (%)	0	0	0	0	50	50	50	50	100	100	100	100
Dan	1	5	10	15	1	5	10	15	1	5	10	15
{1}		0,98	0,96	0,82	0,16	1,00	1,00	0,94	0,00*	0,85	0,77	1,00
{2}	0,98		1,00	1,00	0,01*	1,00	1,00	1,00	0,00*	0,14	0,12	0,98
{3}	0,96	1,00		1,00	0,01*	0,99	1,00	1,00	0,00*	0,14	0,12	0,97
{4}	0,82	1,00	1,00		0,00*	0,94	0,99	1,00	0,00*	0,05	0,04*	0,84
{5}	0,16	0,01*	0,01*	0,00*		0,08	0,04*	0,00*	0,01*	0,98	1,00	0,25
{6}	1,00	1,00	0,99	0,94	0,08		1,00	0,99	0,00*	0,67	0,58	1,00
{7}	1,00	1,00	1,00	0,99	0,04*	1,00		1,00	0,00*	0,51	0,43	1,00
{8}	0,94	1,00	1,00	1,00	0,00*	0,99	1,00		0,00*	0,09	0,08	0,95
{9}	0,00	0,00*	0,00*	0,00*	0,01*	0,00*	0,00*	0,00*		0,00*	0,00*	0,00*
{10}	0,85	0,14	0,14	0,05	0,98	0,67	0,51	0,09	0,00*		1,00	0,91
{11}	0,77	0,12	0,12	0,04*	1,00	0,58	0,43	0,08	0,00*	1,00		0,85
{12}	1,00	0,98	0,97	0,84	0,25	1,00	1,00	0,95	0,00*	0,91	0,85	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.3.2.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na potrošnju kisika i izlučivanje amonijaka bijele dagnje mjeren je na 60 jedinka tijekom travnja 2015. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture uzorkovanih jedinka iznosila je 43,28 ± 3,02 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog

tkiva 0,48 ± 0,12g. Srednje vrijednosti O:N odnosa oscilirale su od 6,06 ± 2,97 do 25,98 ± 8,73 (Tablica 4.3.2.2.1.).

Tablica 4.3.2.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) O:N odnosa bijele dagnje za različite količine hrane i vrijeme hranjenja.

			O:N	
Količina hrane (%)	Dan	$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
100	1	24,54 ± 2,55	22,16	28,21
100	5	25,98 ± 8,73	15,22	35,17
100	10	19,41 ± 8,07	9,06	31,58
100	15	8,52 ± 2,47	4,40	10,97
50	1	16,48 ± 4,71	10,18	23,25
50	5	16,32 ± 6,74	6,57	22,39
50	10	12,69 ± 3,56	9,57	17,95
50	15	6,06 ± 2,97	3,49	11,03
0	1	20,57 ± 15,15	5,27	43,28
0	5	8,99 ± 2,29	5,76	11,70
0	10	8,32 ± 4,51	4,36	15,40
0	15	6,81 ± 1,92	5,39	9,89

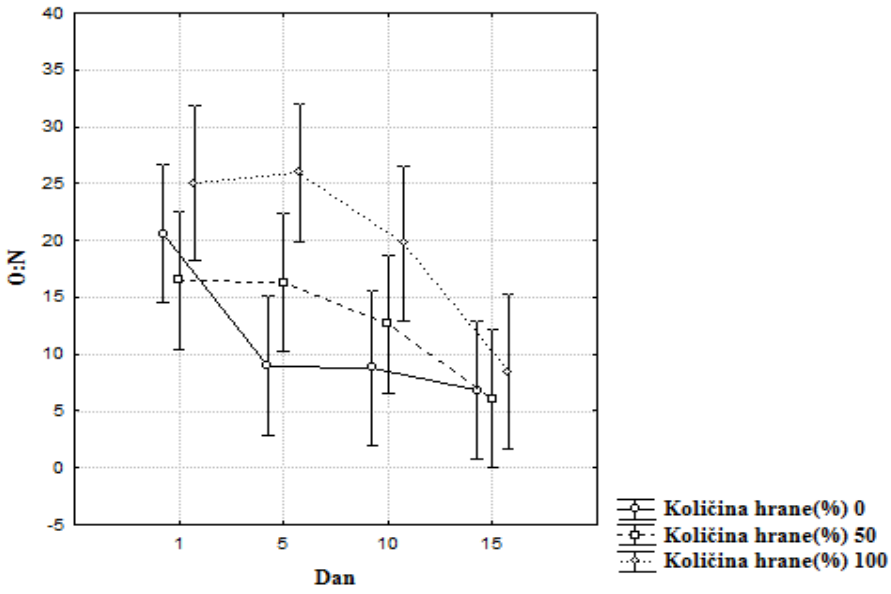
Utjecaj količine hrane na O:N odnos bijele dagnje statistički je značajan (ugniježđena ANOVA, F = 9,253; P = 0,000). Vrijeme hranjenja određenom količinom hrane značajno utječe na O:N odnos školjkaša (ugniježđena ANOVA, F = 4,937; P = 0,000) (Tablica 4.3.2.2.2.).

Tablica 4.3.2.2.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na O:N odnos bijele dagnje.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Količina hrane	2	788,620	394,310	9,253	0,000*
Dan (količina hrane)	9	1893,520	210,390	4,937	0,000*
Pogreška	47	2002,860	42,610		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Najniže vrijednosti O:N odnosa zabilježene su za petneaesti dan hranjenja s 50 % hrane, a najviše za peti dan hranjenja sa 100% hrane. S vremenom izlaganja školjkaša u svim režimima hranjenja vrijednosti O:N odnosa opadaju (Slika 4.3.2.2.1.).



Slika 4.3.2.2.1. Prikaz rezultata O:N odnosa bijele dagnje i vremena hranjenja za sva tri režima količine hrane.

Rezultati post-hoc Tukey testa pokazuju statistički značajnu razliku O:N odnosa sljedećih grupa školjkaša: bez hrane pet dana i jedan dan hranjenih sa 100% hrane, bez hrane pet dana i pet dana hranjenih sa 100% hrane, bez hrane 10 dana i pet dana hranjenih sa 100%, 15 dana bez hrane i jedan dan hranjenih sa 100%, 15 dana bez hrane i pet dana hranjenih sa 100%. Statistički značajna razlika zabilježena je i između skupina školjkaša pet dana hranjenih sa 100% hrane i 15 dana hranjenih sa 100%, 15 dana hranjenih s 50% hrane i jedan dan sa 100%, te 15 dana s 50% hrane i pet dana sa 100% hrane (Tablica 4.3.2.2.3).

Tablica 4.3.2.2.3. Tukey post-hoc test O:N odnosa između skupina bijelih dagnji izloženih različitim vrijednostimakoličine hrane i različitom vremenu izlaganja.

Količina hrane (%)	0	0	0	0	50	50	50	50	100	100	100	100
Dan	1	5	10	15	1	5	10	15	1	5	10	15
{1}		0,25	0,31	0,09	1,00	1,00	0,78	0,06	1,00	0,98	1,00	0,27
{2}	0,25		1,00	1,00	0,83	0,85	1,00	1,00	0,04*	0,01*	0,44	1,00
{3}	0,31	1,00		1,00	0,86	0,87	1,00	1,00	0,06	0,02*	0,49	1,00
{4}	0,09	1,00	1,00		0,51	0,54	0,96	1,00	0,01*	0,00*	0,19	1,00
{5}	1,00	0,83	0,86	0,51		1,00	1,00	0,40	0,76	0,54	1,00	0,82
{6}	1,00	0,85	0,87	0,54	1,00		1,00	0,42	0,74	0,51	1,00	0,84
{7}	0,78	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00		0,92	0,25	0,11	0,91	1,00
{8}	0,06	1,00	1,00	1,00	0,40	0,42	0,92		0,01*	0,00*	0,13	1,00
{9}	1,00	0,04*	0,06	0,01*	0,76	0,74	0,25	0,01*		1,00	0,99	0,05
{10}	0,98	0,01*	0,02*	0,00*	0,54	0,51	0,11	0,00*	1,00		0,96	0,02*
{11}	1,00	0,44	0,49	0,19	1,00	1,00	0,91	0,13	0,99	0,96		0,44
{12}	0,27	1,00	1,00	1,00	0,82	0,84	1,00	1,00	0,05	0,02*	0,44	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.3.2.3. Usporedba O:N odnosa između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na količinu hrane

Usporedbom vrijednosti O:N odnosa kunjke i bijele dagnje u odnosu na različite količine hrane i vrijeme hranjenja, zabilježena je statistički značajna razlika između promatranih vrsta peti (t = -4,193; P = 0,003) i petnaesti dan na režimu 0% hrane (t = -3,960; P = 0,004). Statistički značajna razlika zabilježena je i deseti dan hranjenja s 50% hrane (t = -2,588; P = 0,032), te peti dan hranjenja sa 100% hrane (t = -2,548; P = 0,034) (Tablica 4.3.2.3.1.).

Tablica 4.3.2.3.1. Pregled rezultata t-testa za O:N odnos između kunjke i bijele dagnje u odnosu na količinu hrane i vrijeme hranjenja.

količina hrane	dan	*t*	*P*
100	1	0,885	0,410
100	5	-2,548	0,034*
100	10	-1,066	0,322
100	15	0,882	0,403
50	1	0,406	0,695
50	5	-2,249	0,055
50	10	-2,588	0,032*
50	15	-1,269	0,240
0	1	-1,744	0,119
0	5	-4,193	0,003*
0	10	-1,694	0,129
0	15	-3,961	0,004*

*statistički značajna razlika (P < 0,05).

4.3.3. Utjecaj veličine jedinki na O:N odnos

4.3.3.1. Kunjka *Arca noae*

Potrošnja kisika i izlučivanje amonijaka kunjke u odnosu na različite veličine mjereni su na 45 jedinka tijekom svibnja 2015. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 21,50 ± 3,21 mm za jedinke manje od 25 mm, 38,73 ± 6,76 mm za jedinke duljine 25-50 mm i 57,29 ± 6,87 mm za školjkaše dulje od 50 mm. Srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva iznosila je 0,13 ± 0,08 g za najmanje jedinke, 0,35 ± 0,18 g za srednju kategoriju te 1,13 ± 0,32 g za najveće

jedinke. Srednje vrijednosti O:N odnosa oscilirale su od 9,89 ± 11,44 do 95,36 ± 110,15 (Tablica 4.3.3.1.1.). Zabilježena je statistički značajna razlika O:N odnosa (jednosmjerna ANOVA, F=4,121; P=0,023) u odnosu na različite veličine jedinka (Tablica 4.3.3.1.2.).

Tablica 4.3.3.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) O:N odnosa za različite veličine jedinka kunjke.

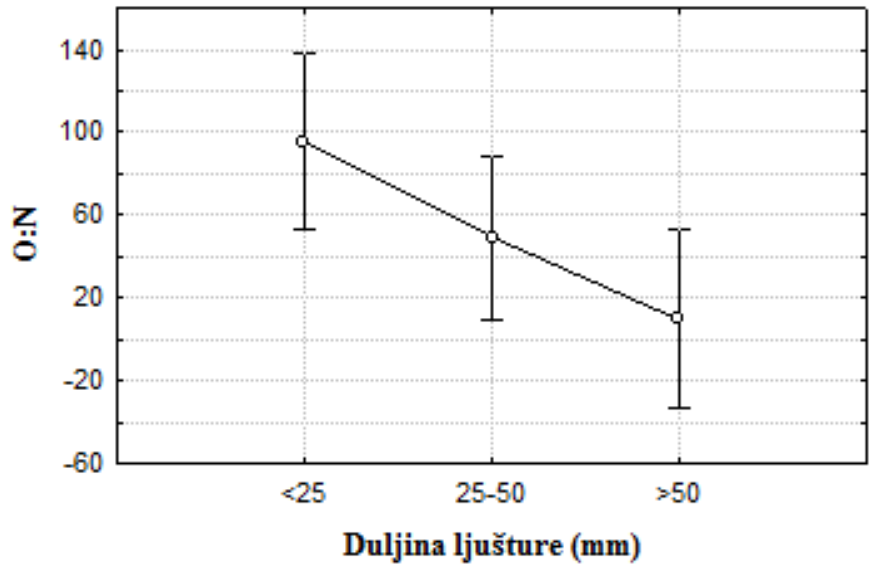
Duljina ljušture	O:N		
(mm)	$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
< 25	95,36 ± 110,15	9,42	334,73
25-50	49,19 ± 71,84	2,42	214,31
> 50	9,89 ± 11,44	0,64	36,43

Tablica 4.3.3.1.2. Rezultati testa jednosmjerne ANOVA-e na utjecaj veličine kunjke na O:N odnos.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Duljina ljušture	2	47600,2	23800,1	4,121	0,023*
Pogreška	38	219419,7	5774,2		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Najniže vrijednosti O:N odnosa kunjke zabilježene su za školjkaše dulje od 50 mm, a najviše za one manje od 25 mm (Slika 4.3.3.1.1.). Post-hoc Tukey test pokazao je statistički značajnu razliku vrijednosti O:N odnosa između najmanjih i najvećih pokusnih školjkaša (Tablica 4.3.3.1.3).



Slika 4.3.3.1.1. Prikaz rezultata O:N odnosa i duljine ljušture kunjke.

Tablica 4.3.3.1.3. Tukey post-hoc test O:N odnosa ovisno o veličinskim kategorijama kunjke.

Duljina ljušture (mm)	{1}	{2}	{3}
< 25		0,256	0,018*
25-50	0,256		0,369
> 50	0,018*	0,369	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.3.3.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Utjecaj veličine bijele dagnje na potrošnju kisika mjeren je na 45 jedinka tijekom svibnja i lipnja 2014. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 24,45 ± 0,66 mm za one do 25 mm, 38,25 ± 4,26 mm za srednju kategoriju 25-50 mm, te 56,94 ± 4,50 mm za školjkaše dulje od 50 mm. Srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva iznosila je 0,08 ± 0,04 g za najmanje primjerke, 0,37 ± 0,13 g za srednju kategoriju, te 0,96 ± 0,19 g za najveće jedinke. Srednje vrijednosti O:N odnosa oscilirale su od 13,08 ± 5,28 do 96,87 ± 136,31 (Tablica 4.3.3.2.1.). Zabilježena je statistički značajna razlika O:N odnosa (jednosmjerna ANOVA, $F = 5,733$; $P = 0,006$) u odnosu na različite duljinske kategorije pokusnih jedinka (Tablica 4.3.3.2.2.).

Tablica 4.3.3.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) O:N odnosa bijele dagnje za različite duljinske kategorije jedinka.

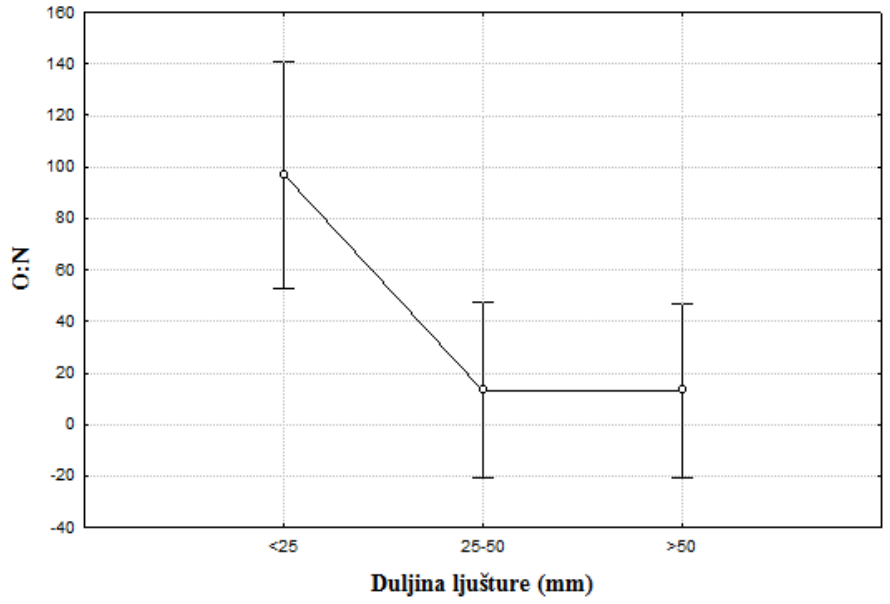
Duljina ljušture (mm)	O:N		
	$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
< 25	96,87 ± 136,31	20,39	456,22
25-50	13,20 ± 15,23	3,64	63,74
> 50	13,08 ± 5,28	3,74	23,68

Tablica 4.3.3.2.2. Rezultati testa jednosmjerne ANOVA-e na utjecaj veličine bijele dagnje na O:N odnos.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Duljina ljušture	2	48503,0	24251,51	5,733	0,006*
Pogreška	38	152279,1	4229,98		

*statistički značajna razlika (*P*< 0,05)

Najniže vrijednosti O:N odnosa bijele dagnje zabilježene su za primjerke dulje od 50 mm, a najviše za skupinu <25 mm (Slika 4.3.3.2.1.). Post-hoc Tukey test pokazao je statistički značajnu razliku vrijednosti O:N odnosa između najmanjih i srednjih školjkaša. Statistički značajna razlika zabilježena je i između najmanjih i najvećih pokusnih školjkaša (Tablica 4.3.3.2.3).



Slika 4.3.3.2.1. Prikaz rezultata O:N odnosa i veličine ljušture bijele dagnje.

Tablica 4.3.3.2.3. Tukey post-hoc test O:N odnosa u ovisnosti o veličinskim kategorijama bijele dagnje.

Duljina ljušture (mm)	{1}	{2}	{3}
< 25		0,011*	0,011*
25-50	0,011*		0,999
> 50	0,011*	0,999	

*statistički značajna razlika (P<0,05)

4.3.3.3. Usporedba O:N odnosa između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na veličinu jedinka

Usporedbom vrijednosti O:N odnosa kunjke i bijele dagnje u odnosu na različite duljinske kategorije nije zabilježena statistički značajna između promatranih vrsta. Utjecaj veličine organizma na njegov fiziološki status za obje istraživane vrste je sličan (Tablica 4.3.3.3.1.).

Tablica 4.3.3.3.1. Pregled rezultata t-testa za O:N između kunjke i bijele dagnje u odnosu na veličinu jedinka.

Duljina ljušture (mm)	*t*	*P*
< 25	0,028	0,977
25-50	-1,894	0,068
> 50	0,739	0,466

*statistički značajna razlika (P< 0,05)

4.4. Stopa pročišćavanja

4.4.1. Utjecaj vrijednosti saliniteta morske vode na stopu pročišćavanja

4.4.1.1. Kunjka *Arca noae*

Stopa pročišćavanja kunjke u odnosu na različite salinitete mjerena je na 40 jedinka tijekom svibnja 2016. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 49,43 ± 5,26 mm, a

srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 1,01 ± 0,28 g. Srednje vrijednosti stope pročišćavanja oscilirale su od 0,96 ± 0,54 do 4,19 ± 1,15 l $h^{-1}g^{-1}$ (Tablica 4.4.1.1.).

Tablica 4.4.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) stope pročišćavanja kunjke za različite vrijednosti saliniteta morske vode tijekom prvog i petog dana izlaganja.

		Stopa pročišćavanja l $h^{-1}g^{-1}$		
Salinitet (psu)	Dan	$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
37	1	4,19 ± 1,15	2,33	5,25
30	1	1,29 ± 0,59	0,59	1,90
30	5	2,04 ± 0,32	1,71	2,57
25	1	3,01 ± 0,66	2,47	3,93
25	5	3,05 ± 1,47	1,80	5,42
20	1	0,96 ± 0,54	0,47	1,90
20	5	2,66 ± 1,06	1,49	4,34

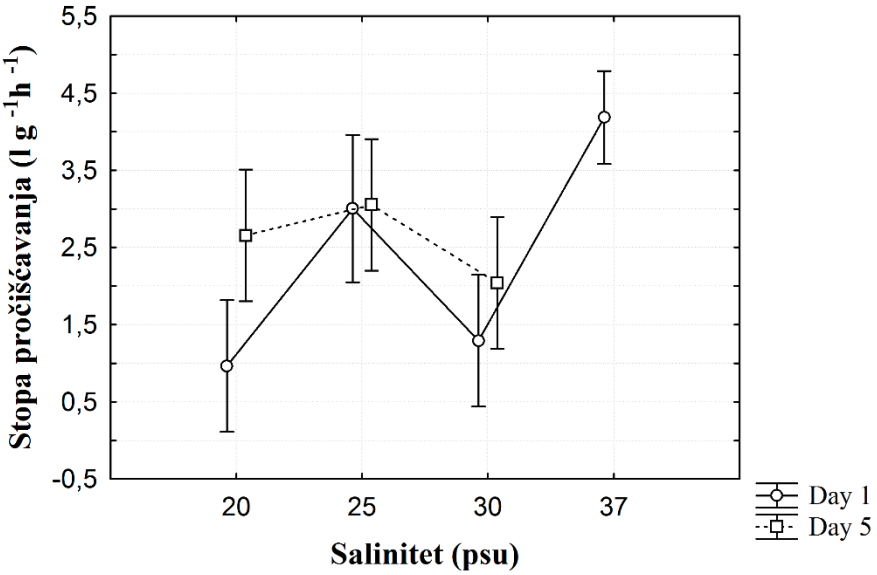
Zabilježena je statistički značajna razlika stope pročišćavanja kunjke (ugniježđena ANOVA, F = 15,814; P = 0,000) u odnosu na različite salinitete. Statistički značajna razlika (ugniježđena ANOVA, *F* = 3,255; *P* = 0,034) pojavljuje se i u odnosu na vrijeme izlaganja (Tablica 4.4.1.2.).

Tablica 4.4.1.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj saliniteta i vremena izlaganja na stopu pročišćavanja kunjke

	df	SS	MS	*F*	*P*
Salinitet	3	41,554	13,851	15,814	0,000*
Dan (salinitet)	3	8,553	2,851	3,255	0,034*
Pogreška	32	28,027	0,875		

*statistički značajna razlika (*P*< 0,05)

Najniže vrijednosti stope pročišćavanja zabilježene su za školjkaše prvi dan izložene salinitetu od 20 psu, a najviše na ambijentalnom salinitetu (37 psu). Peti dan izlaganja stopa pročišćavanja neznatno je veća nego prvi dan na svim mjerenim salinitetima (Slika 4.4.1.1.).



Slika 4.4.1.1. Odnos stope pročišćavanja kunjke i saliniteta morske vode tijekom prvog i petog dana izlaganja.

Post-hoc Tukey test pokazao je statistički značajnu razliku stope pročišćavanja između pokusnih školjkaša izloženih sljedećim uvjetima: 20 i 25 psu prvi dan, 20 psu prvi dan i 25 psu peti dan, 20 i 37 psu prvi dan. Statistički značajna razlika utvrđena je i između skupina jedinka izloženih 30 i 37 psu prvi dan te 30 psu peti dan i 37 psu prvi dan (Tablica 4.4.1.3.).

Tablica 4.4.1.3. Tukey post-hoc test stope pročišćavanja između skupina kunjke izloženih različitim vrijednostima saliniteta morske vode i vremena izlaganja.

Salinitet	Dan	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
20	1		0,094	0,039*	0,019*	0,997	0,545	0,000*
20	5	0,094		0,997	0,993	0,273	0,941	0,071
25	1	0,039*	0,997		1,000	0,123	0,722	0,359
25	5	0,019*	0,993	1,000		0,073	0,615	0,319
30	1	0,997	0,273	0,123	0,073		0,862	0,000*
30	5	0,545	0,154	0,722	0,615	0,862		0,003*
37	1	0,000*	0,071	0,359	0,319	0,000*	0,003*	

*statistički značajna razlika ($P< 0,05$)

4.4.1.2 Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Stopa pročišćavanja bijele dagnje u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode mjerena je na 40 jedinka tijekom lipnja 2016. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 43,95 ± 5,19 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 1,08 ± 0,29 g. Srednje vrijednosti stope pročišćavanja oscilirale su od 2,43 ± 0,99 do 4,23 ± 0,84 l $h^{-1}g^{-1}$ (Tablica 4.4.1.2.1.).

Tablica 4.4.1.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) stope pročišćavanja bijele dagnje za različite vrijednosti saliniteta morske vode tijekom prvog i petog dana izlaganja.

Salinitet (psu)	Dan	Stopa pročišćavanja (l $h^{-1}g^{-1}$)		
		$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
37	1	2,43 ± 0,99	1,83	4,17
30	1	2,86 ± 0,82	2,05	4,20
30	5	3,22 ± 0,51	2,67	3,89
25	1	3,72 ± 0,49	3,12	4,24
25	5	4,23 ± 0,84	3,25	5,38
20	1	2,75 ± 0,21	2,51	3,02
20	5	2,79 ± 1,00	1,76	4,41

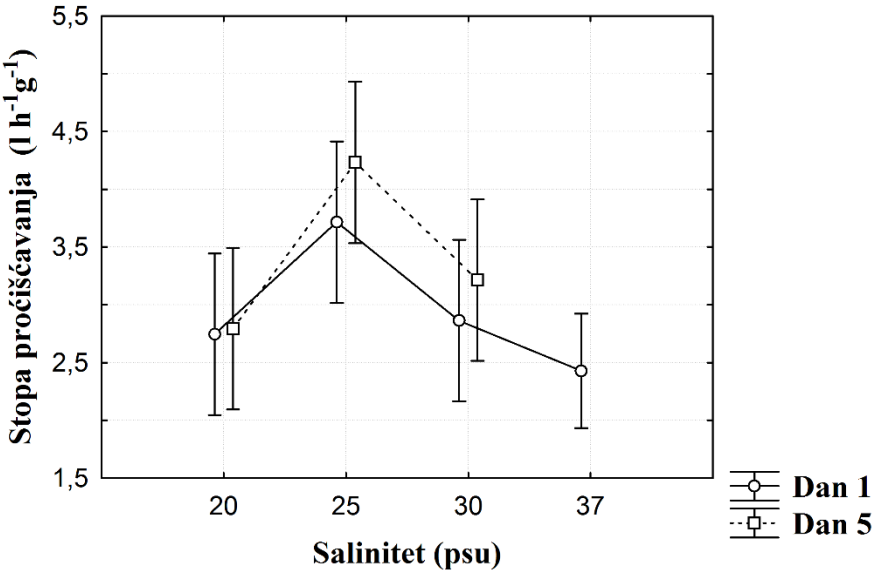
Zabilježena je statistički značajna razlika stope pročišćavanja bijele dagnje (ugniježđena ANOVA, F= 7,456; P = 0,000) u odnosu na različite vrijednosti saliniteta. Vrijeme izlaganja određenom salinitetu nije značajno utjecalo na stopu pročišćavanja (Tablica 4.4.1.2.2.).

Tablica 4.4.1.2.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj saliniteta i vremena izlaganja na stopu pročišćavanja bijele dagnje.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Salinitet	3	13,186	4,395	7,456	0,000*
Dan (salinitet)	3	0,981	0,327	0,554	0,648
Pogreška	33	19,451	0,589		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Nakon smanjenja saliniteta stopa pročišćavanja raste s maksimumom na 25 psu da bi nakon toga opadala. Najniže vrijednosti stope pročišćavanja zabilježene su za školjkaše izložene ambijentalnom salinitetu, a najviše kod saliniteta 25 psu peti dan izlaganja (Slika 4.4.1.2.1.). Post-hoc Tukey test pokazao je značajnu razliku stope pročišćavanja između školjkaša na 37 psu prvi dan i 25 psu peti dan izlaganja (Tablica 4.4.1.3.)



Slika 4.4.1.2.1. Odnos stope pročišćavanja bijele dagnje i saliniteta morske vode tijekom prvog i petog dana izlaganja.

Tablica 4.4.1.3. Tukey post-hoc test stope pročišćavanja između skupina bijelih dagnji izloženih različitim vrijednostima saliniteta morske vode i vremena izlaganja.

Salinitet	Dan	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
20	1		1,000	0,436	0,059	0,999	0,957	0,987
20	5	1,000		0,495	0,074	0,999	0,974	0,974
25	1	0,436	0,495		0,934	0,587	0,943	0,059
25	5	0,059	0,074	0,934		0,102	0,379	0,002*
30	1	0,999	0,999	0,587	0,102		0,990	0,941
30	5	0,957	0,974	0,943	0,379	0,990		0,511
37	1	0,987	0,974	0,059	0,002*	0,941	0,511	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.4.1.3. Usporedba stope pročišćavanja između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode

Usporedbom stope pročišćavanja između kunjke i bijele dagnje u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode zabilježena je statistički značajna razlika za salinitet 37 psu (t = 2,591 ; P = 0,032), 30 psu prvi dan (*t* = -3,482, *P* = 0,008) i 30 psu peti dan (*t* = -4,343; *P* = 0,002). Statistički značajna razlika utvrđena je i za salinitet 20 psu prvi dan (*t* = -6,823 ; *P* = 0,000) (Tablica 4.4.1.3.1.).

Tablica 4.4.1.3.1. Pregled rezultata t-testa za stopu pročišćavanja između kunjke i bijele dagnje u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode i vrijeme izlaganja.

Salinitet (psu)	Dan	*t*	*P*
37	1	2,591	0,032*
30	1	-3,482	0,008*
30	5	-4,343	0,002*
25	1	-1,866	0,104
25	5	-1,556	0,158
20	1	-6,823	0,000*
20	5	-0,212	0,836

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.4.2. Utjecaj količine hrane na stopu pročišćavanja

4.4.2.1. Kunjka *Arca noae*

Stopa pročišćavanja kunjke u odnosu na različitu količinu hrane i vrijeme hranjenja mjerena je na 70 jedinka tijekom svibnja 2016. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 40,62 ± 4,25 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,71 ± 0,30 g. Srednje vrijednosti stope pročišćavanja oscilirale su od 3,75 ± 0,16 do 9,89 ± 4,47 l $h^{-1}g^{-1}$ (Tablica 4.4.2.1.1.).

Tablica 4.4.2.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) stope pročišćavanja kunjke za različitu količinu hrane i vrijeme hranjenja.

Količina hrane (%)	Dan	Stopa pročišćavanja ($l\ h^{-1}g^{-1}$) $\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
100	1	3,75 ± 0,16	3,50	3,90
100	5	4,03 ± 0,65	3,54	4,89
100	10	6,68 ± 3,08	3,90	11,26
100	15	6,80 ± 0,96	5,82	7,91
50	1	4,61 ± 4,78	1,28	13,05
50	5	3,76 ± 1,54	2,43	6,37
50	10	6,00 ± 1,38	4,51	7,52
50	15	9,89 ± 4,47	5,70	16,70
0	1	5,02 ± 1,91	2,43	7,39
0	5	4,03 ± 1,45	2,66	6,50
0	10	4,98 ± 2,29	2,91	8,20
0	15	7,51 ± 5,08	3,35	14,54

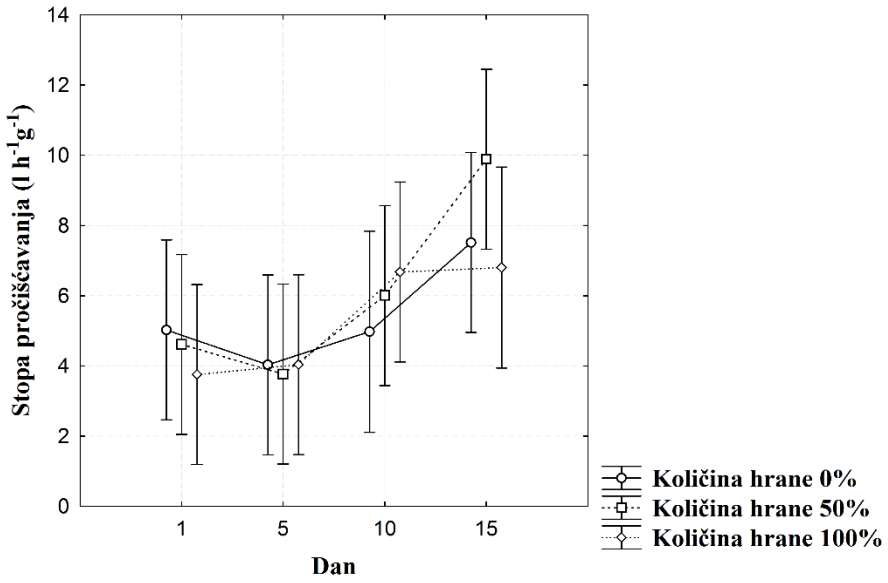
Utjecaj količine hrane na stopu pročišćavanja kunjke nije statistički značajan. Zabilježena je statistički značajna razlika u stopi pročišćavanja školjkaša (ugniježđena ANOVA, F = 2,490; P = 0,000) u odnosu na vrijeme hranjenja (Tablica 4.4.2.1.2.).

Tablica 4.4.2.1.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na stopu pročišćavanja kunjke.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Količina hrane	2	6,771	3,385	0,417	0,661
Dan (količina hrane)	9	181,707	20,190	2,490	0,020*
Pogreška	46	372,943	8,107		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Najniže vrijednosti stope pročišćavanja zabilježene su za školjkaše jedan dan hranjene sa 100% hrane, a najviše za 15 dana hranjene s 50% hrane (Slika 4.4.2.1.1.). Post-hoc Tukey test nije pokazao razliku između različitih skupina pokusnih školjkaša.



Slika 4.4.2.1.1. Odnos stope pročišćavanja i vremena hranjenja kunjke za sva tri režima količine hrane

4.4.2.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Stopa pročišćavanja bijele dagnje u odnosu na različitu količinu hrane i vrijeme hranjenja mjerena je na 70 jedinka tijekom svibnja 2016. godine. Srednja vrijednost duljine uzorkovanih jedinka iznosila je 43,28 ± 3,01 mm, a srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva 0,48 ± 0,12 g. Srednje vrijednosti stope pročišćavanja oscilirale su 3,41 ± 0,85 do 10,34 ± 4,08 l $h^{-1}g^{-1}$ (Tablica 4.4.2.2.1.).

Tablica 4.4.2.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) stope pročišćavanja bijele dagnje za različitu količinu hrane i vrijeme hranjenja.

		Stopa pročišćavanja $l\ h^{-1}g^{-1}$		
Količna hrane (%)	Dan	$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
100	1	4,05 ± 1,00	2,87	5,21
100	5	3,41 ± 0,85	2,24	4,27
100	10	5,16 ± 1,65	3,61	7,94
100	15	6,72 ± 1,92	4,56	9,63
50	1	3,55 ± 1,57	1,78	5,34
50	5	5,10 ± 1,36	3,26	6,92
50	10	6,12 ± 0,99	5,25	7,24
50	15	7,65 ± 4,07	3,90	14,44
0	1	4,03 ± 0,80	3,24	4,99
0	5	4,34 ± 1,43	2,81	6,47
0	10	4,20 ± 1,71	3,06	7,16
0	15	10,34 ± 4,08	4,98	14,55

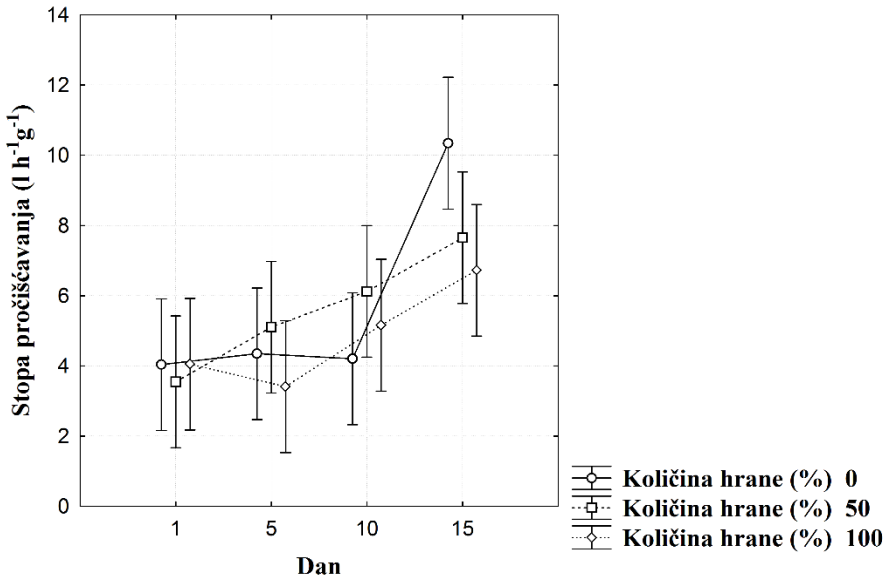
Zabilježena je statistički značajna razlika u stopi pročišćavanja bijele dagnje (ugniježđena ANOVA, F = 5,580; P = 0,000) u odnosu na vrijeme hranjenja određenom količinom hrane. Količina hrane nije značajno utjecala na stopu pročišćavanja (Tablica 4.4.2.2.2.).

Tablica 4.4.2.2.2. Rezultati ugniježđene ANOVA-e za utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na stopu pročišćavanja bijele dagnje.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Količina hrane	2	9,418	4,709	1,082	0,346
Dan (količina hrane)	9	218,446	24,272	5,580	0,000*
Pogreška	48	208,770	4,349		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Najniže vrijednosti stope pročišćavanja primijećene su za školjkaše koji su pet dana hranjeni sa 100% hrane. Najviše vrijednosti zabilježene su za 15 dana gladovanja (Slika 4.4.2.2.1.).



Slika 4.4.2.2.1. Odnos stope pročišćavanja i vremena hranjenja bijele dagnje za sva tri režima količine hrane.

Post-hoc Tukey test pokazao je statistički značajnu razliku između sljedećih skupina školjkaša: bez hrane jedan dan i bez hrane 15 dana, bez hrane pet dana i bez hrane 15 dana, bez hrane 10 dana i bez hrane 15 dana, 50% hrane jedan dan i bez hrane 15 dana, 50% hrane pet dana i bez hrane 15 dana. Značajna razlika zabilježena je i između sljedećih skupina školjkaša: 100% hrane jedan dan i bez hrane 15 dana, 100% hrane pet dana i bez hrane 15 dana, te 100% hrane 10 i bez hrane 15 dana (Tablica 4.4.2.2.3.).

Tablica 4.4.2.2.3. Tukey post-hoc test stope pročišćavanja bijele dagnje između skupina koje su hranjene različito vrijeme različitom količinom hrane.

Količina hrane (%)	0	0	0	0	50	50	50	50	100	100	100	100
Dan	1	5	10	15	1	5	10	15	1	5	10	15
{1}		1,000	1,000	0,001*	1,000	0,999	0,906	0,237	1,000	0,999	0,999	0,665
{2}	1,000		1,000	0,002*	0,999	0,999	0,967	0,360	1,000	0,999	0,999	0,807
{3}	1,000	1,000		0,001*	0,999	0,999	0,945	0,301	1,000	0,999	0,999	0,747
{4}	0,001*	0,002*	0,001*		0,000*	0,011*	0,088	0,663	0,001*	0,000*	0,012*	0,236
{5}	1,000	0,999	0,999	0,000*		0,988	0,720	0,109	1,000	1,000	0,984	0,420
{6}	0,999	0,999	0,999	0,011*	0,988		0,999	0,734	0,999	0,977	1,000	0,983
{7}	0,906	0,967	0,945	0,088	0,720	0,999		0,989	0,910	0,653	0,999	0,999
{8}	0,237	0,360	0,301	0,663	0,109	0,734	0,989		0,243	0,085	0,760	0,999
{9}	1,000	1,000	1,000	0,001*	1,000	0,999	0,910	0,243		0,999	0,999	0,673
{10}	0,999	0,999	0,999	0,000*	1,000	0,977	0,653	0,085	0,999		0,971	0,357
{11}	0,999	0,999	0,999	0,012*	0,984	1,000	0,999	0,760	0,999	0,971		0,987
{12}	0,665	0,807	0,747	0,236	0,420	0,983	0,999	0,999	0,673	0,357	0,987	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.4.2.3. Usporedba stope pročišćavanja između vrsta *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na količinu hrane

Usporedbom stope pročišćavanja kunjke i bijele dagnje utvrđeno je da razlika u stopi pročišćavanja u odnosu na količinu hranjenja i vrijeme hranjenja nije statistički značajna. Promatrani školjkaši slično reagiraju na iste uvjete hranjenja.

Tablica 4.4.2.3.1. Pregled rezultata t-testa za stopu pročišćavanja između kunjke i bijele dagnje s obzirom na količinu hrane i vrijeme hranjenja.

Količina hrane (%)	Dan	*t*	*P*
100	1	-0,663	0,525
100	5	1,302	0,228
100	10	0,970	0,360
100	15	0,072	0,944
50	1	0,472	0,648
50	5	-1,458	0,182
50	10	-0,155	0,880
50	15	0,827	0,431
0	1	1,067	0,316
0	5	-0,346	0,737
0	10	0,582	0,578
0	15	-0,971	0,359

4.4.3. Utjecaj veličine jedinka na stopu pročišćavanja

4.4.3.1. Kunjka *Arca noae*

Stopa pročišćavanja kunjke u odnosu na različite veličine jedinka mjerena je na 20 jedinka tijekom travnja 2016. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture uzorkovanih školjkaša iznosila je 21,01 ± 4,88 mm za one najmanje (< 25 mm), 46,95 ± 1,32 mm za srednje (25-50 mm) veličine, te 62,91 ± 3,83 mm za najveće primjerke (> 50 mm). Srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva iznosila je 0,072 ± 0,02 g za najmanje pokusne jedinke, 0,30 ± 0,04 g za srednju kategoriju, te 0,82 ± 0,11g za najveće primjerke. Najmanja jedinka bila je duga 15,49 mm, a

najveća 68,42 mm. Srednje vrijednosti stope pročišćavanja oscilirale su od 3,01 ± 0,32 do 10,15 ± 2,33 l $h^{-1}g^{-1}$ (Tablica 4.4.3.1.1.). Zabilježena je statistički značajna razlika vrijednosti stope pročišćavanja (jednosmjerna ANOVA, F = 28,739; P = 0,000) u odnosu na različite veličine školjkaša (Tablica 4.4.3.1.2.).

Tablica 4.4.3.1.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) stope pročišćavanja kunjke za različite vrijednosti duljine ljušture.

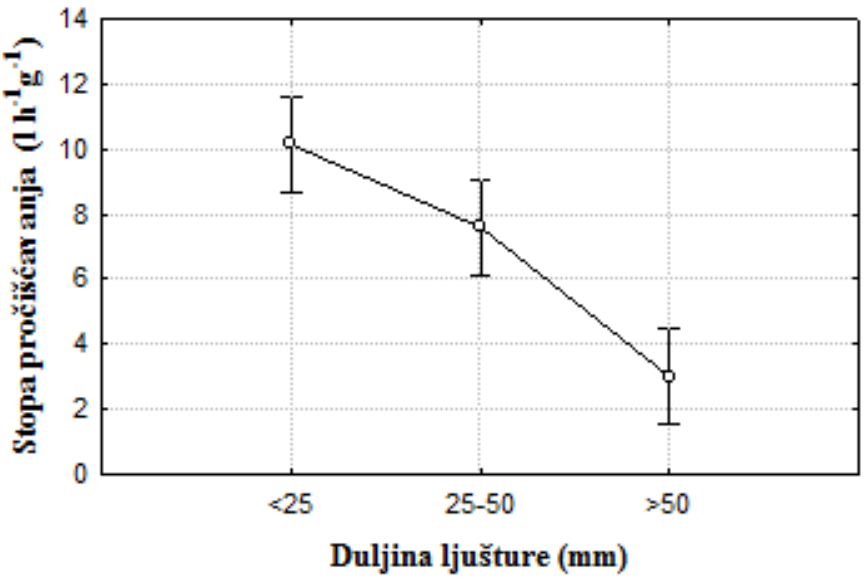
Duljina ljušture (mm)	Stopa pročišćavanja l $h^{-1}g^{-1}$		
	$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
< 25	10,15 ± 2,33	8,43	14,10
25-50	7,61 ± 1,15	6,64	9,57
> 50	3,01 ± 0,32	2,52	3,37

Tablica 4.4.3.1.2. Rezultati testa jednosmjerne ANOVA-e za utjecaj veličine kunjke na stopu pročišćavanja.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Duljina ljušture	2	131,157	65,579	28,739	0,000*
Pogreška	12	27,381	2,281		

*statistički značajna razlika (P < 0,05)

Najniže vrijednosti stope pročišćavanja zabilježene su su za primjerke dulje od 50 mm. Najviše vrijednosti izmjerene su za jedinke manje od 25 mm (Slika 4.4.3.1.1.).



Slika 4.4.3.1.1. Odnos stope pročišćavanja i veličine ljušture kunjke.

Post-hoc Tukey test pokazao je statistički značajnu razliku stope pročišćavanja između najmanjih i najvećih pokusnih školjkaša. Značajna razlika zabilježena je i između primjeraka 25-50 mm veličine i onih većih od 50 mm (Tablica 4.4.3.1.3.).

Tablica 4.4.3.1.3. Tukey post-hoc test stope pročišćavanja kunjke između skupina različitih veličinskih kategorija.

Duljina ljušture (mm)	{1}	{2}	{3}
> 50		0,001*	0,000*
25-50	0,001*		0,050
< 25	0,000*	0,050	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.4.3.2. Bijela dagnja *Modiolus barbatus*

Stopa pročišćavanja bijele dagnje u odnosu na različite veličine jedinka mjerena je na uzorku od 20 jedinka tijekom travnja 2016. godine. Srednja vrijednost duljine ljušture iznosila je 22,55 ± 1,64 mm za one manje od 25 mm, 37,51 ± 3,19 mm za veličinsku kategoriju 25-50 mm te 55,65 ± 3,68 mm za primjerke dulje od 50 mm. Srednja vrijednost suhe mase mekog tkiva iznosila je 0,07 ± 0,02 g za najmanje školjkaše, 0,33 ± 0,04g za srednju veličinsku kategoriju te

0,89 ± 0,12 g za najveće školjkaše. Duljina ljušture najmanje jedinke bila je 20,97 mm, a najveće 59,69 mm. Srednje vrijednosti stope pročišćavanja oscilirale su od 3,27 ± 0,77 do 6,76 ± 1,40 l $h^{-1}g^{-1}$ (Tablica 4.4.3.2.1.). Zabilježena je statistički značajna razlika vrijednosti stope pročišćavanja (jednosmjerna ANOVA, F = 6,654; P = 0,011) u odnosu na različitu veličinu pokusnih školjkaša (Tablica 4.4.3.2.2.).

Tablica 4.4.3.2.1. Srednje vrijednosti ($\bar{X}$ ± SD) stope pročišćavanja bijele dagnje za različite veličine jedinka.

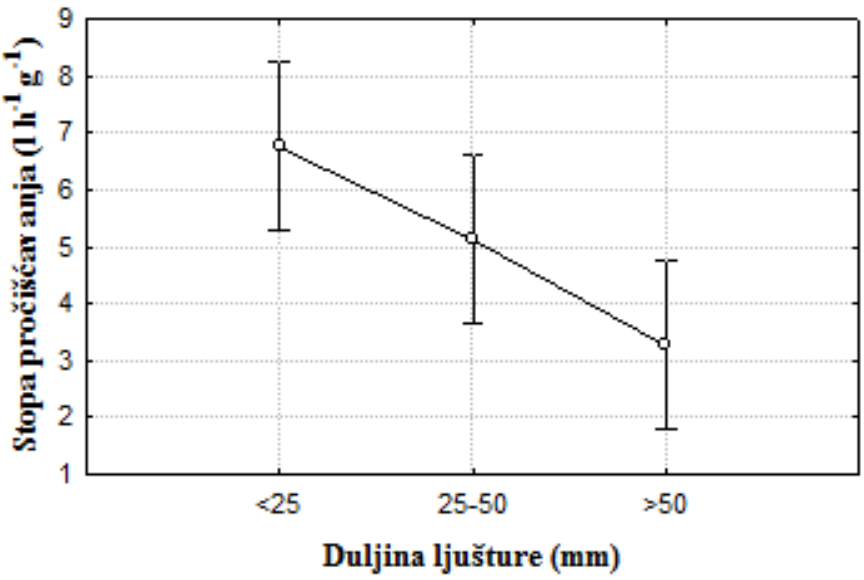
	Stopa pročišćavanja l $h^{-1}g^{-1}$		
Duljina ljušture (mm)	$\bar{X}$ ± SD	Minimum	Maksimum
< 25	6,76 ± 1,40	5,60	8,38
25-50	5,13 ± 2,08	3,16	8,31
> 50	3,27 ± 0,77	2,79	4,64

Tablica 4.4.3.2.2. Rezultati testa jednosmjerne ANOVA-e za utjecaj veličine bijele dagnje na stopu pročišćavanja.

	df	SS	MS	*F*	*P*
Duljina ljušture	2	30,535	15,267	6,654	0,011*
Pogreška	12	27,533	2,294		

*statistički značajna razlika *(P* < 0,05)

Najniže vrijednosti stope pročišćavanja bijele dagnje zabilježene su za najveće školjkaše duljine ljušture preko 50 mm. Najviše vrijednosti stope pročićavanja utvrđene su za najmanju kategoriju školjkaša veličine do 25 mm (Slika 4.4.3.2.1.). Post-hoc Tukey test pokazao je statistički značajnu razliku stope pročišćavanja između najmanjih i najvećih školjkaša (Tablica 4.4.3.2.3).



Slika 4.4.3.2.1. Odnos stope pročišćavanja i duljine ljušture bijele dagnje.

Tablica 4.4.3.2.3. Tukey post-hoc test stope pročišćavanja bijele dagnje između skupina različitih veličinskih kategorija.

Duljina ljušture (mm)	{1}	{2}	{3}
> 50		0,168	0,008*
25-50	0,168		0,245
< 25	0,008*	0,245	

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

4.4.3.3. Usporedba stope pročišćavanja školjkaša *Arca noae* i *Modiolus barbatus* u odnosu na veličinu jedinka

Usporedbom vrijednosti stope pročišćavanja kunjke i bijele dagnje zabilježena je statistički značajna razlika za veličinsku kategoriju od 25 do 50 mm (t = 2,329; P = 0,048). Statistički značajna razlika zabilježena je i za školjkaše manje od 25 mm (t = 2,79; P = 0,023) (Tablica 4.4.3.3.1.).

Tablica 4.4.3.3.1. Pregled rezultata t-testa za stopu pročišćavanja između kunjke i bijele dagnje u odnosu na veličinu školjkaša.

Duljina ljušture (mm)	*t*	*P*
> 50	-0,698	0,504
25-50	2,329	0,048*
< 25	2,794	0,023*

*statistički značajna razlika ($P < 0,05$)

5. RASPRAVA

5.1. Utjecaj saliniteta morske vode na potrošnju kisika, izlučivanje amonijaka, O:N odnos i stopu pročišćavanja kunjke i bijele dagnje

U ovom radu procijenjen je metabolički odgovor i razina stresa (O:N odnos) koji izaziva promjena saliniteta morske vode. Koehn & Bayne (1989) definirali su stres kao posljedicu promjene u okolišu koja rezultira poremećajem ravnoteže energije. Emerson (1969) je uočio raznovrsne odgovore jedinki na promjene saliniteta u okolišu, kod nekih vrsta stope disanja su više na nižem salinitetu, kod drugih na višem salinitetu ili su iste pri većem rasponu saliniteta. Vrijednosti potrošnje kisika za kunjku i bijelu dagnju dijelom se preklapaju i slične su rezultatima koje su dobili Hawkins i sur. (1985) za dagnju *M. edulis*, Savina & Pouvreau (2004) za čašku *Glycymeris glycymeris* (Linnaeus, 1758), te Kang i sur. (2008) za mlađ kunjke *A. broughtonii*. Ezgeta-Balić i sur. (2011) navode vrijednosti stope disanja bijele dagnje od 9,83 do 20,89 μmol $g^{-1}h^{-1}$. Rezultati ove studije za bijelu dagnju su manji i kreću se od 5,31 ± 5,31 μmol $g^{-1}h^{-1}$ do 8,13 ± 4,38 μmol $g^{-1}h^{-1}$. Razlog tome može biti različito godišnje doba u kojem je pokus izveden i različita faza gametogenetskog razvoja.

U nekim istraživanjima padom saliniteta stopa disanja se snižava što su zabilježili Hutchinson & Hawkins (1992) kod kamenice *O. edulis*, Shin i sur. (2006) kod kunjke *A. broughtonii* i Wang i sur. (2011) kod dagnje *P. viridis*. Istraživanja dagnje *M. edulis*, ladinke *M. meretrix* i dagnje *M. galloprovincialis* pokazuju obrnuto stanje, gdje se smanjenjem saliniteta javlja povišena stopa disanja (Sunoko, 1997; Tang i sur. 2005; Hamer i sur. 2008). U studijama u kojima je smanjeni salinitet izazvao povećanje stope disanja istraživani školjkaši aklimirani su tjedan ili dva na zadanom salinitetu što vjerojatno modificira metabolički odgovor za razliku od ovog istraživanja u kojem su promjene saliniteta bile nagle. Također je zabilježeno da stopa disanja ima najvišu vrijednost na određenom salinitetu: za kućicu *Mulinia lateralis* (Say, 1822) iznosi 20 psu (Williams, 1984), za kamenicu *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) 20 psu (Guzmán-Agüero i sur. 2013), za dagnju *P. perna* 20 psu (Resgalla Jr i sur. 2007) i 16 psu za ladinku *M. meretrix* (Tang i sur. 2005). Na disanje bijele dagnje u ovom pokusu promjena saliniteta nije značajno utjecala, ali najveća vrijednost stope disanja zabilježena je na vrijednosti 25 psu. Slične rezultate prema kojima promjena saliniteta ne utječe značajno na potrošnju kisika dobili su u svojim istraživanjima Sunoko (1997) na dagnji *M. edulis*, Paganini i sur. (2010) kod školjkaša *P. amurensis* te Begum i sur. (2009) na vrsti *A. islandica*. Istraživanjem na terenu

Landes i sur. (2015) opazili su kako različiti režimi saliniteta ne utječu na stopu disanja dagnje *M. edulis*.

Prvi odgovor školjkaša na promjenu saliniteta je zatvaranje ljuštura, što izdvaja životinju od vanjskog okoliša. Ovakvo ponašanje pomaže u prevenciji osmotskog stresa, ali osigurava samo kratkotrajnu zaštitu od nepovoljnih uvjeta (Shumway, 1977 a,b; Berger & Kharazova 1997; Bertrand i sur. 2017). Produljeno izdvajanje od okoliša izaziva niz problema kao što su anoksija i akumulacija produkata izlučivanja unutar ljušture (Sokolova i sur. 2000). Smanjivanjem saliniteta medija, stanice nabujaju od osmotskog ulaska vode (Pierce & Greenberg 1973; Amende & Pierce 1980). Pierce & Greenberg (1972) navode kako povećanje saliniteta uzrokuje smanjenje izlučivanja amonijaka, dok smanjenje saliniteta ima suprotan učinak. Smanjenje saliniteta u ovom istraživanju na 30 psu za kunjku i na 25 psu za bijelu dagnju izaziva povećanje izlučivanja amonijaka, što nije zabilježeno pri drugim vrijednostima saliniteta, a teško je objašnjivo jer salinitet od 25 psu izaziva promjenu trenda kod obje vrste. Kunjka pokazuje veće vrijednosti izlučivanja amonijaka od bijele dagnje, gdje se gornje vrijednosti za bijelu dagnju preklapaju s donjim vrijednostima za kunjku, što je u skladu s vrijednostima koje su za češljaču *A. purpuratus* dobili Navarro & Gonzalez (1998) te Bayne & Thompson (1970) i Bayne & Scullard (1977a) za dagnju *M. edulis*. Vrijednost koju je Navarro (1988) dobio za dagnju *C. chorus* na 18 psu odgovara našim vrijednostima za bijelu dagnju na 20 psu prvi dan izlaganja.

Vrijeme aklimacije ovisi o brzini i rasponu promjene saliniteta kojima su jedinke izložene (Taware & Muley 2014). Utjecaj vremena izlaganja određenom salinitetu pokazao se značajan samo za izlučivanje amonijaka bijele dagnje. Kako je mjerenje za procjenu aklimacije obavljeno pet dana od početnog izlaganja, a Bayne & Newell (1983) navode kako za aklimaciju školjkaša treba četiri do sedam tjedana, zaključak je kako jedinke bijele dagnje trebaju više vremena za aklimaciju.

Disanje i izlučivanje amonijaka dvije su osnovne komponente bioenergetike školjkaša (Stead & Thomson 2003). Atomski odnos potrošenog kisika i izlučenog dušika (O:N) pokazuje odnos kemijskih spojeva koji se koriste u metaboličkim procesima (Corner & Cowey 1968), odnosno na udio masti i ugljikohidrata prema bjelančevinama koje se razgrađuju (Stead & Thomson 2003). Niska vrijednost O:N odnosa (≈10) znači značajnu razgradnju bjelančevina (Bayne & Newell 1983) što ukazuje na stanje stresa (Widdows, 1978b). Bayne & Thompson (1970) našli su kako razgradnja ugljikohidrata i masti daje vrijednosti O:N odnosa više od 30, dok razgradnja bjelančevina rezultira vrijednostima manjim od 30. Smanjenjem saliniteta O:N odnos opada (Navarro & Gonzalez 1998; Wang & sur. 2011) što je primijećeno i kod kunjke i

bijele dagnje u ovom istraživanju. Kunjka pokazuje najvišu vrijednost O:N odnosa na ambijentalnom salinitetu morske vode, dok na ostalim salinitetima ta vrijednost pada što ukazuje kako promjena saliniteta izaziva stres. Kod bijele dagnje najviša vrijednost O:N odnosa zabilježena je također na ambijentalnom salinitetu, ali i na salinitetu 30 psu prvi dan izlaganja. Pri ostalim vrijednostima saliniteta trend je isti kao kod kunjke. Iako se za bijelu dagnju zbog stadija gametogenetskog ciklusa i razdoblja godine u kojemu se bilježi najviša stopa rasta, mogla očekivati niža vrijednost O:N odnosa na ambijentalnom salinitetu, rezultati su pokazali da ima dovoljno energije za obje aktivnosti što su zabilježili i Ezgeta-Balić i sur. (2011).

Kako stadij razvoja jako utječe na stopu disanja (Newell, 1973), a promatrani su školjkaši istraživani u različitom razdoblju godine, bijela dagnja u proljeće, a kunjka u jesen, teško je uspoređivati rezultate. Sazrijevanje gonada zahtijeva dodatnu energiju koju jedinke crpe ili iz hrane ili iz uskladištenih rezervi (Shumway i sur. 1988).

Stopa pročišćavanja pokazatelj je aktivnosti hranjenja. Promjena saliniteta može smanjiti stopu pročišćavanja i poremetiti normalnu fiziologiju ishrane (Navarro & González 1998; Gardner & Thomson 2001), što pokazuju i rezultati ove studije. Tijekom istraživanja stope pročišćavanja korištene su vrijednosti saliniteta uobičajene za stanište iz kojeg su školjkaši prikupljeni. Zabilježeno je kako se mjerene stope statistički razlikuju u odnosu na različite salinitete za obje vrste istraživanih školjkaša. Za kunjku vrijednosti stope pročišćavanja smanjuju se opadanjem saliniteta, što je slično s rezultatima za druge dvije vrste kunjki *Tegillarca granosa* (Linnaeus, 1758) i *A. broughtonii* (Kang i sur. 2004, 2008), dagnju *Brachidontes pharaonis* (P. Fischer, 1870), (Sarà i sur. 2008), dagnju *P. viridis* (Wang i sur. 2011) te za školjkaša *Astarte borealis* (Schumacher, 1817) (Kang i sur. 2014).

Izuzetak od trenda smanjenja vrijednosti hranjenja zabilježen je pri vrijednosti saliniteta od 25 psu kad dolazi do povećanja stope pročišćavanja, ali ta vrijednost ne prelazi onu na ambijentalnom salinitetu. Vrijednosti mjerene peti dan izlaganja određenom salinitetu statistički se značajno razlikuju od vrijednosti postignutih prvi dan. Riisgård i sur. (2014) proveli su istraživanja na dagnjama *M. edulis* i *Mytilus trossulus* Gould, 1850 u odnosu na iznenadno sniženje vrijednosti saliniteta (s 20 na 6,5 psu). U tom istraživanju oba školjkaša reagiraju na akutnu promjenu saliniteta zatvaranjem ljuštura smanjujući stopu pročišćavanja za 90%, nakon čega slijedi postupno povećanje. Autori su dokumentirali kako se dagnja *M. trossulus* potpuno prilagodila na vrijednost saliniteta od 6,5 psu unutar pet dana za razliku od dagnje *M. edulis* koja se samo djelomično prilagodila kroz sedam dana. Pleissner i sur. (2013) u svom su istraživanju zaključili kako na filtraciju izrazito utječe brzina promjene vrijednosti saliniteta, naime brže smanjenje ili povećanje vrijednosti uzrokuje izraženiju promjenu. Fiziološki odgovori u ovom

istraživanju mjereni su nakon nagle promjene saliniteta. Segnini de Bravo i sur. (1998) istražujući utjecaj postupnog smanjenja saliniteta na zelenu dagnju *P. viridis*, smanjujući slanost za 2 psu, svaka dva dana, opisali su kako se tolerancija širi na vrijednosti od 0-64 psu.

Vrijednosti stope pročišćavanja kunjke i bijele dagnje preklapaju se s tim da kunjka pokazuje veći raspon vrijednosti. Slično opažaju Wang i sur. (2005) za dagnju *P. viridis* na 30 psu, Albentosa i sur. (2007) za kućicu *R. decussatus* na ambijentalnom salinitetu i Resgalla Jr i sur. (2007) za dagnju *P. perna* na 20 psu. Widdows i sur. (1990) su za kunjku *Arca zebra* Swainson, 1833 zabilježili vrijednosti od 2,90 ± 0,23 do 3,34 ± 0,21 lh^{-1}, pri vrijednosti saliniteta od 36 ± 0,5 psu, što se također slaže s rasponom vrijednosti dokumentiranih u ovom radu.

Za razliku od kunjke, vrijednosti stope pročišćavanja bijele dagnje ne smanjuju se opadanjem saliniteta nego rastu da bi postigle maksimum na 25 psu. Sličan mehanizam reakcije na promjenu saliniteta bilježe i Enríquez-Ocaña i sur. (2012) kod kamenice *C. corteziensis*, Vojdani i Salarzadeh (2015) za vrstu *Circenita callipyga* (Born, 1778) te Resgalla Jr. i sur. (2007) za dagnju *P. perna*.

U istraživanju koje su proveli Ezgeta-Balić i sur. (2011) na bijeloj dagnji opažene su dosta niže vrijednosti stope pročišćavanja (0,17 do 0,23 $lh^{-1}g^{-1}$), uz hranjenje većom količinom algi *Isochrysis galbana*. Zbog manje koncentracije algi *T. suecica* u ovoj studiji za bijelu dagnju zabilježene su veće stope filtracije. Vrsta hrane također ima značajan utjecaj na stopu pročišćavanja (Yukihira i sur. 1998a). Također, uzorci u pokusu Ezgeta-Balić i sur. (2011) prikupljeni su u studenom, a u ovom istraživanju krajem svibnja u drugačijoj fazi gametogenetskog ciklusa. Zbog ovih razlika prilikom provođenja istraživanja teško je usporediti rezultate, kao i zbog nedostatka informacija o kumulativnom djelovanju različitih utjecaja.

U ovom istraživanju potrošnja kisika kunjke imala je najvišu vrijednost pri salinitetu od 30 psu, a najmanju pri 25 psu. Smanjenjem saliniteta u odnosu na ambijentalnu vrijednost na 30, odnosno 20 psu povećana je potrošnja kisika i izlučivanje amonijaka, a smanjena stopa pročišćavanja. Navarro (1988) zabilježio je slične rezultate za dagnju *C. chorus* smanjenjem saliniteta s 30 na 18 psu. Kunjka pri salinitetu od 25 psu ima najniže vrijednosti stope disanja i stope izlučivanja, ali i visoke vrijednosti stope pročišćavanja. Pored toga pri salinitetu od 25 psu O:N odnos kunjke pokazuje vrijednosti ispod 10, što ukazuje kako je školjkaš pod stresom i kako koristi bjelančevine u metaboličkim reakcijama. Moguće je objašnjenje kako zbog stresa školjkaši djelomično zatvore ljušture i smanje disanje na minimum. Bayne & Scullard (1977a) navode da hranjenje školjkaša flagelatom *T. suecica* utječe na povećano izlučivanje amonijaka što smanjuje vrijednost O:N odnosa.

Vrijednosti potrošnje kisika i izlučivanja amonijaka bijele dagnje najveće su na 25 psu, pri čemu je vrijednost O:N odnosa najniža, što ukazuje da su pri salinitetu od 25 psu povećane energetske potrebe, a fiziološki status organizma najlošiji, gledano prema O:N odnosu. Williams (1984) je primijetio kako veća potrošnja kisika vrste *M. lateralis* na 20 psu može odražavati preferendum saliniteta jer je sličan srednjem salinitetu staništa, pa je možda za bijelu dagnju preferendum na 25 psu. Vjerovatno zbog povoljnog saliniteta je povećana filtracija, a zbog toga je veće izlučivanje amonijaka i potrošnja kisika.

Slične vrijednosti stope pročišćavanja školjkaši imaju na vrijednosti saliniteta od 25 psu. Pri ovoj vrijednosti saliniteta energetski troškovi ovih dviju vrsta znatno se razlikuju, gdje kunjka ima najmanje, a bijela dagnja najveće. Kako se za obje promatrane vrste primjećuje intenzivan fiziološki odgovor na 25 psu, što bi trebalo dodatno istražiti. S obzirom da je ta vrijednost saliniteta važna za obje vrste, bilo bi korisno istražiti kako djeluje na njih kroz različita godišnja doba. Fiziološki odgovori bi se mogli koristiti u određivanju stupnja stresa koji školjkaši doživljavaju za vrijeme uzgoja. Kako bi se odredio utjecaj stresa, potrebni su podaci o normalnim sezonskim oscilacijama u fiziološkim odgovorima koji bi služili kao bazna crta s kojom se promjene u uvjetima okoliša mogu usporediti (Bayne & Thompson 1970). Zato bi u Malostonskom zaljevu bilo poželjno istražiti utjecaj sezone na razinu metaboličke aktivnosti kunjke i bijele dagnje.

Promatrajući gubitak energije, kunjka gubi više energije od bijele dagnje. Odnos O:N pokazuje kako bijela dagnja ima veći raspon tolerancije na promjene saliniteta, jer postiže vrijednost veću od 30 (koristi ugljikohidrate i masti za metaboličku podlogu) pri ambijentalnom salinitetu i 30 psu za razliku od kunjke kojoj je vrijednost O:N odnosa veća od 30 samo na ambijentalnom salinitetu. Kunjka postiže najveću stopu pročišćavanja pri ambijentalnom salinitetu, a izložena smanjenom salinitetu pokazuje nižu stopu pročišćavanja. Bijela dagnja pokazuje višu stopu pročišćavanja kad je izložena nižim salinitetima u odnosu na ambijentalni, uz veći energetski dobitak. U području kao što je Malostonski zaljev koje je podložno stalnim promjenama saliniteta, bijela dagnja predstavlja bolji izbor za uzgoj.

5.2. Utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na potrošnju kisika, izlučivanje amonijaka, O:N odnos i stopu pročišćavanja kunjke i bijele dagnje

Brojni čimbenici utječu na dinamiku hranjenja školjkaša, poput temperature i saliniteta morske vode te koncentracije i kvalitete hrane (James i sur. 2001). Istraživanje metabolizma u

slučaju nedostatne količine hrane za zadovoljavanje energetskih potreba pomaže prikupljanju informacija o mehanizmima za prevladavanje takvih razdoblja (Bayne, 1973b). Stopa potošnje kisika tijekom razdoblja gladovanja opada iz rutinske na standardnu razinu koju karakterizira neznatna aktivnost i minimalni fiziološki trošak metabolizma (Bayne, 1973b).

Vrijednosti stope disanja za obje vrste istraživanih školjkaša većim se dijelom podudaraju i slični su rezultatima koje su dobili Bayne (1973b), Bayne & Scullard (1977b) te Hawkins i sur. (1985) za u dagnju *M. edulis*, Widdows i sur. (1990) za kunjku *A. zebra*, Van Erkom Schurink & Griffiths (1992) za dagnju *P. perna*, Savina & Pouvreau (2004) za čašku *G. glycymeris* i ladinku *Polititapes rhomboides* (Pennant, 1777), Albentosa i sur. (2007) za kućice *R. decussatus* i *V. corrugata* (Gmelin, 1791).

Kod kunjke i bijele dagnje nije zabilježena statistički značajna razlika stope disanja u odnosu na količinu hrane. Slične rezultate bilježe Savina & Pouvreau (2004) za čašku *G. glycymeris* i ladinku *P. rhomboides*, Mackay & Shumway (1980) za češljaču *Z. delicatula*, a Hawkins i sur. (1985) za dagnju *M. edulis*. Albentosa i sur. (2007) izgladnjivali su kućice *R. decussatus* i *V. corrugata* tijekom 84 dana i zabilježili smanjenje stope disanja nakon 15 dana. U ovom istraživanju potrošnja kisika u odnosu na količinu hrane mjerena je tijekom 15 dana, pa se pretpostavlja da kunjki i bijeloj dagnji treba više vremena kako bi se pokazao utjecaj količine hrane. Za bijelu dagnju statistički je značajan utjecaj vremena na potrošnju kisika, što su zabilježili i Bayne & Thompson (1970) na dagnji *M. edulis*. Najveća kolebanja u vrijednostima pokazala su se deseti i petnaesti dan hranjenja bijele dagnje pa se pretpostavlja da treba više vremena kako bi joj se metabolizam ustalio.

Tijekom istraživanja stope izlučivanja amonijaka kod obje vrste zabilježeno je statistički značajno povećanje izlučivanja sa smanjenjem količine hrane. Dobiveni trendovi su u skladu s istraživanjima na dagnji *M. edulis* (Bayne, 1973a, 1973b; Bayne & Thompson 1970). Povećano izlučivanje amonijaka traje prvih 30-40 dana gladovanja i nakon toga opada (Bayne, 1973a). Khalil (1994) primijetio je povećano izlučivanje izgladnjele kućice *R. decussatus* u odnosu na hranjene na 16˚C, ali ne na 20 i 28˚C.

Vrijednosti izlučivanja amonijaka kunjke i bijele dagnje podudaraju se s rezultatima koje su dobili Navarro & Gonzalez (1998) za češljaču *A. purpuratus*, James i sur. (2001) za dagnju *Perna canaliculus* (Gmelin, 1791), Tang i sur. (2005) za ladinku *M. meretrix*, Resgalla Jr i sur. (2010) za dagnju *P. perna*, te Führer i sur. (2012) za dagnju *Aulacomya atra* (Molina, 1782). Dosta niže vrijednosti zabilježili su Hawkins i sur. (1985) kod dagnje *M. edulis*, Stead i Thompson (2003) kod školjkaša *Yoldia hyperborea* (Gould, 1841), Saucedo i sur. (2004) kod bisernice *P. mazatlanica*, te Lagade i sur. (2013) kod školjkaša *H. diphos*. Razlike u

vrijednostima osim zbog različitih vrsta školjkaša moguće su i zbog različitog razdoblja godine prigodom izvođenja pokusa i zbog korištenja različite vrste hrane. Utjecaj flagelata *T. suecica* kao hrane na povećano izlučivanje amonijaka zabilježili su Bayne & Scullard (1977a) na dagnji *M. edulis*. Fluktuacije stope izlučivanja jako je teško objasniti uvjetima hranjenja (Ikeda, 1977). Vjerojatno na fluktuiranje utječe i stres izazvan prilikom prikupljanja životinja (Ikeda, 1977).

Vrijednosti O:N odnosa ispod 30 zabilježene u većini mjerenja ukazuju na korištenje bjelančevina kao metaboličke podloge, što opažaju i Bayne i sur. (1979). Vrijednost iznad 30 za kunjku je postignuta samo za prvi dan hranjenja sa 100% hrane. Najniže vrijednosti postignute su za izgladnjele životinje što jasno pokazuje da su one pod najvećim stresom. S vremenom se O:N odnos statistički značajno smanjuje. Isti trend statistički značajnog smanjenja O:N odnosa s vremenom i najniže vrijednosti za izgladnjele školjkaše dokumentiran je s malo većim vrijednostima i za bijelu dagnju.

Ako se pretpostavi kako kod kunjki kao protoandričnom hermafroditu (Bello i sur. 2013) u većim duljinskim kategorijama prevladavaju ženke, a ovaj pokus je proveden u kasno proljeće, pretpostavka je kako ženke zbog očuvanja gametskog materijala čuvaju masti i kao metaboličku podlogu koriste ugljikohidrate i bjelančevine (Pérez-Camacho i sur. 2003; Albentosa i sur. 2007). Kako su u kasno proljeće zalihe ugljikohidrata niske (Bayne, 1973a), preostaju bjelančevine za zadovoljavanje metaboličkih potreba i to objašnjava niže vrijednosti O:N odnosa kunjke u odnosu na bijelu dagnju.

Utjecaj količine hrane na stopu pročišćavanja obje vrste istraživanih školjkaša nije statistički značajan u rasponu promatranih vrijednosti, ali je statistički značajno vrijeme hranjenja. Isti trend povećanja stope pročišćavanja prisutan je i kod kunjke i kod bijele dagnje. S obzirom da su Fernández-Reiriz i sur. (2005) kod češljače *A. purpuratus* primijetili u režimu s malo hrane (1,03 mg l^{-1}) značajno veću stopu pročišćavanja nakon tri dana aklimacije, pretpostavlja se kako je u ovom istraživanju povećana stopa pročišćavanja kunjke i bijele dagnje zbog hranjenja s malom količinom hrane. Treba napomenuti kako je korištena količina hrane od približno 0,43 mg l^{-1} kao 100% prema preporuci Widdows & Staff (2006). Savina & Pouvreau (2004) nisu zabilježili utjecaj koncentracije hrane na čašku *G. glycymeris*. Neovisnost stope filtracije dagnje *M. edulis* o koncentracijama algi *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin, 1897 primijetili su Riisgård & Randløv (1981). Nieves-Soto i sur. (2013) proučavajući perisku *Atrina tuberculosa* (G. B. Sowerby I, 1835) primijetili su kako se na temperaturi od 22˚C filtracija povećava s povećanjem koncentracije alga, a nakon toga se značajno smanjuje na najvećoj koncentraciji od 60 $x10^3$ st ml^{-1}, dok je na temperaturi od 17˚C stopa filtracije neovisna o količini hrane. Kod češljače *A. purpuratus* istraživana je stopa pročišćavanja u odnosu na različite

količine hrane (1,03 i 2,99 mg l^{-1}) i na različite salinitete (24, 27 i 30 psu). Zabilježeno je kako za obje količine hrane nema značajne razlike na 27 i 30 psu. Statistički značajna razlika javlja se jedino pri vrijednosti saliniteta morske vode od 24 psu (Fernández-Reiriz i sur. 2005). Moglo bi se pretpostaviti kako količina hrane do određene vrijednosti nema utjecaja na stopu pročišćavanja ako su vrijednosti temperature i saliniteta morske vode u granicama tolerancije. Čim su navedeni parametri blizu granice ili izvan optimalne vrijednosti, tad i količina hrane ima značajniji utjecaj. U ovom istraživanju korištena je ambijentalna temperatura i salinitet morske vode. Povećanje koncentracije čestica hrane ne utječe isto na sve vrste školjkaša, a također ovisi i o vrsti alga, s tim da dagnja *M. edulis* održava konstantnu stopu filtracije kroz širok raspon koncentracije alge *Phaeodactylum* (50 do≈ 800 x 10^3 stanica ml^{-1}), dok kod kapice *C. edule* stopa filtracije opada iznad koncentracije od 100-200 x 10^3 stanica ml^{-1} (Foster-Smith, 1975). Stopa pročišćavanja neovisna je o koncentraciji čestica dok se ne pređe određenu koncentraciju (Sprung & Rose 1988).

U ovom istraživanju vrijednosti stope pročišćavanja za kunjku i bijelu dagnju preklapaju se i slične su s vrijednostima koje su za dagnju *M. edulis* zabilježili Widdows & Johnson (1988) i Sunoko (1997), za kunjku *A. zebra* Widdows i sur. (1990), za dagnju *M. galloprovincialis* Cotou i sur. (1996), za dagnju *P. viridis* Wang i sur. (2005) te za dagnju *B. pharaonis* Sarà i sur. (2008).

Pretpostavlja se kako povećana stopa pročišćavanja s vremenom i tako posljedično veća konzumacija alge *T. suecica*, koja sadrži velike količine bjelančevina (Brown, 1991), može izazvati povećano izlučivanje amonijaka jer obje metaboličke stope prate vrlo sličan trend. Direktna posljedica povećanja stope izlučivanja s vremenom je smanjenje O:N odnosa.

Nema značajne razlike između vrsta u stopi pročišćavanja u odnosu na tri režima hranjenja. Također, u potrošnji kisika i izlučivanju amonijaka razlike između vrsta su minimalne. Količina hrane u odabranom rasponu u ovom pokusu nije se pokazala značajnom za fiziološke odgovore osim izlučivanja amonijaka i O:N odnosa za obje vrste. Utjecaj vremena ishrane određenom količinom hrane mnogo je bitniji. Metabolički trošak disanja školjkaša koji gladuju veći je za bijelu dagnju u odnosu na kunjku. U području koje ne obiluje hranom kunjka je bolji izbor za uzgoj. Pokazatelji dobitka energije (stopa pročišćavanja) i gubitka energije (potrošnja kisika i izlučivanje amonijaka) definiraju minimalne potrebe za rastom i važni su za izbor područja uzgoja (Bougrier i sur. 1995).

5.3. Utjecaj veličine školjkaša na potrošnju kisika, izlučivanje amonijaka, O:N odnos i stopu pročišćavanja kunjke i bijele dagnje

Brown i sur. (2004) dokazali su da metaboličke stope kolebaju u odnosu na veličinu tijela i temperaturu. Veličina tijela jedan je od glavnih endogenih čimbenika koji utječe na energetske troškove organizama (Zeuthen, 1953; Sukhotin & Pörtner 2001). Veći organizmi trebaju apsolutno više enegije, ali njen protok je sporiji nego kod manjih organizama (Brown i sur. 2004). Maseno specifična potrošnja kisika manja je za velike organizme nego za male (Bayne & Newell 1983). Kod oba školjkaša u ovom istraživanju veličina organizma ima značajan utjecaj na potrošnju kisika. Manji primjerci (ispod 25 mm duljine ljušture) imaju značajno veću potrošnju kisika. Sličan trend veće potrošnje kisika manjih jedinki zabilježili su Mondal (2006) za bisernicu *P. imbricata fucata*, Resgalla Jr i sur. (2006) za dagnju *Perna perna* te Lagade i sur. (2013) za vrstu *H. diphos*. Kang i sur. (2008) istražujući mlađ kunjke *A. borughtonii* zabilježili su kako je veća stopa disanja što je manja veličina ljušture. Suprotno navedenome, tj. veću potrošnju kisika većih organizama opisuju Navarro & Winter (1982) za dagnju *Mytilus chilensis* Hupé, 1854, Winter i sur. (1984) za kamenicu *Ostrea chilensis* Philippi, 1844 te Yukihira i sur. (1998b) za bisernice *P. margaritifera* i *P. maxima*, ali bez standardizacije dobivenih vrijednosti odnosno pretvorbe u specifičnu stopu na gram suhe mase životinje. Rezultati potrošnje kisika u ovom istraživanju za obje vrste slični su s vrijednostima koje su dokumentirali Tang i sur. (2005) za ladinku *M. meretrix*, Savina & Pouvreau (2004) za čašku *G. glycymeris*, Jadhav & Bawane (2012) za manje jedinke školjkaša *L. marginalis*.

Kunjki treba pet godina kako bi dosegla duljinu ljušture od 60 mm (Peharda i sur. 2003), a bijela dagnja postiže duljinu od približno 40 mm za pet do šest godina (Peharda i sur. 2007). Pretpostavlja se kako su u ovom istraživanju sve bijele dagnje duljine ljušture preko 50 mm i dio kunjki u toj veličinskoj kategoriji starije od pet godina. U više istraživanja opisano je kako potrošnja kisika opada sa starenjem jedinki (Bricelj i sur. 1987; De Mahieu i sur. 1988; Sukhotin & Pörtner 2001; Zotin & Ozernyuk 2004), međutim neovisna je o starosti ako se radi o dugovječnoj vrsti kao što je *A. islandica* (Begum i sur. 2009). Kunjka i bijela dagnja nisu dugovječne (Peharda i sur. 2002b, 2007; Puljas i sur. 2015) pa je starost najvjerojatnije imala utjecaja na potrošnju kisika u ovom istraživanju.

Istražujući vrste *R. decussatus* i *V. corrugata* Albentosa i sur. (2007) zabilježili su kako mužjaci troše više kisika. Kunjka je protoandrični hermafrodit pa se pretpostavlja kako u skupini pokusnih jedinki manjih od 25 mm prevladavaju mužjaci, što može utjecati na veću potrošnju kisika (Peharda i sur. 2006; Bello i sur. 2013). U skupini u kojoj su istraživane jedinke duljine od

25 do 50 mm u rasponu od 25 do 40 mm trebali bi prevladavati mužjaci tako da je i za tu skupinu veća potrošnja kisika.

Pod pretpostavkom da manje jedinke zbog intenzivnijeg rasta trebaju više energije od velikih onda im je potrebna veća količina hrane, što je slično dobivenim rezultatima u ovom istraživanju o većoj stopi pročišćavanja kod manjih školjkaša. Za obradu veće količine hrane troši se više kisika i to je mogući razlog veće potrošnje kisika malih jedinki. Utjecaj mase organizma na metaboličku stopu pri kojem je masa potencirana na ¾, ili ako je u pitanju maseno specifična metabolička stopa na -1/4 dokumentiran je u više navrata (Peters, 1983; Gillooly i sur. 2001; Brown i sur. 2004).

Pored potrošnje kisika u energetske gubitke ubraja se i izlučivanje amonijaka. U ovom istraživanju kunjka je za razliku od bijele dagnje pokazala statistički značajnu razliku stope izlučivanja u odnosu na veličinu jedinka. Kod obje vrste pokazao se trend povećanja stope izlučivanja s povećanjem veličine tijela, iste rezultate zabilježili su Bayne & Scullard (1977b) prema kojima u proljeće manje jedinke imaju sniženu stopu izlučivanja jer su njihove zalihe glikogena proporcionalno više dostupne za održavanje metabolizma nego kod većih životinja. Povećanja stope izlučivanja s veličinom tijela primijećeno je i kod kućice *R. decussatus* (Khalil, 1994), češljače *A. purpuratus* (Navarro & Gonzalez 1998) i dagnje *P. canaliculus* (James i sur. 2001). Vrijednosti izlučenog amonijaka u ovom istraživanju slične su rezultatima koje su dobili Widdows & Johnson (1988) za dagnju *M. edulis*, Van Erkom Schurink & Griffiths (1992) za dagnju *M. galloprovincialis* te James i sur. (2001) za dagnju *P. canaliculus.* Mnogo niže vrijednosti stope izlučivanja našli su Worrall i sur. (1983) za školjkaša *Scrobicularia plana* (da Costa, 1778), Saucedo i sur. (2004) za bisernicu *P. mazantlanica* te Führer i sur. (2012) za školjkaša *A. atra.* Bayne & Scullard (1977a) pronašli su prilikom istraživanja utjecaja hranjenja na dagnji *M. edulis,* u sedam pokusa u kojima su školjkaši hranjeni flagelatom *T. suecica,* značajno povećanje izlučivanje amonijaka 24-30 sati nakon hranjenja u skoro polovici pokusa. Ovaj podatak ukazuje kako na izlučivanje amonijaka vjerojatno utječe i vrsta korištene hrane.

Kod školjkaša odnos između stope izlučivanja amonijaka i veličine tijela može biti vrlo varijabilan zbog nerazmjerne razgradnje bjelančevina manjih jedinki u odnosu na veće(Bayne & Newell 1983). Izlučivanje amonijaka povećava se na najviše vrijednosti u proljeće i ljeto kada jedinka zadržava zrele gamete u plaštu (Widdows, 1978a), kao što je slučaj u ovom istraživanju. Najveće vrijednosti stope izlučivanja u proljeće i ljeto, kad se masa gonada povećava, zabilježili su i Navarro & Thompson (1996) kod dagnje *Modiolus modiolus* (Linnaeus, 1758). Manje jedinke u proljeće imaju relativno smanjeno izlučivanje amonijaka zbog korištenja ugljikohidrata

kao energetske podloge, dok se veće jedinke ovaj dio godine više oslanjaju na bjelančevine što rezultira povećanim izlučivanjem amonijaka (Bayne & Scullard 1977b).

Povećano izlučivanje amonijaka ima za posljedicu smanjenje O:N odnosa kod većih jedinka. U ovom pokusu kod obje istraživane vrste povećanjem veličine jedinka smanjuje se O:N odnos. Vrijednost O:N odnosa daje podatak o podlozi koja se koristi za održavanje metabolizma (Corner & Cowey 1968). Za skupine kunjka duljine od 25 do 50 mm te onih manjih od 25 mm, vrijednost O:N odnosa je veća od 30 što potvrđuje prethodne navode. Isto vrijedi i za testirane primjerke bijele dagnje manje od 25 mm. Jedinke kunjke i bijele dagnje dulje od 50 mm, kao i bijele dagnje duljina od 25 do 50 mm imaju niske vrijednosti O:N odnosa što ukazuje da koriste bjelančevine za metaboličke potrebe.

Utjecaj veličine jedinka na stopu pročišćavanja kunjke i bijele dagnje značajan je s tim da manje jedinke (manje od 25 mm) imaju značajno veću stopu pročišćavanja. Sličan trend više stope pročišćavanja manjih jedinka u odnosu na veće dokumentirali su Sylvester i sur. (2005) za vrstu *L. fortunei*, Walne (1972) za kamenicu *O. edulis*, Resgalla Jr. i sur. (2006) za dagnju *P. perna* i Kang i sur. (2008) za kunjku *A. broughtonii*. Manje jedinke imaju višu stopu pročišćavanja od većih (Widdows, 1978a) zbog većih metaboličkih zahtjeva mlađih jedinki te s godinama zbog smanjenja odnosa površine škrga prema veličini tijela (Kryger & Riisgard 1988). Rezultati ovog istraživanja za jedinke dulje od 50 mm obiju vrsta slični su vrijednostima koje su zabilježili Widdows & Johnson (1988) za dagnju *M. edulis*, Widdows i sur. (1990) za kunjku *A. zebra*, James i sur. (2001) za dagnju *P. canaliculus*, te Wang i sur. (2005) za dagnju *P. viridis*. Vrijednosti stope pročišćavanja za jedinke kunjke duljine od 25 do 50 mm poklapaju se s rezultatima Sobral & Widdows (1997) za kućicu *R. decussatus*, a vrijednosti stope pročišćavanja za jedinke bijele dagnje duljine od 25 do 50 mm slične su rezultatima koje su zabilježili Sunoko (1997) za dagnju *M. edulis* te Sarà i sur. (2008) za školjkaša *B. pharaonis*. Za razliku od rezultata ovog istraživanja, višu stopu kod duljih jedinki zabilježili su Navarro & Winter (1982) kod dagnje *Mytilus chilensis*, Winter i sur. (1984) za kamenicu *Ostrea chilensis*, Yukihira i sur. (1998b) za bisernice *P. margaritifera* i *P. maxima*. U navedenim istraživanjima fiziološke stope nisu se preračunavale u specifičnu stopu na gram suhe mase životinje, što je moglo utjecati na dobivene rezultate.

Populacije u kojima prevladavaju velike ili starije jedinke imaju manju populacijsku stopu disanja nego populacije manjih jedinki (Bayne & Newell 1983). U Malostonskom zaljevu populacija bijele dagnje ima najmanje zastupljenih primjeraka duljih od 50 mm koji imaju manje metaboličke stope i tijekom cijele godine više je primjeraka u skupini do 25 mm (Peharda i sur. 2007) s najvišim metaboličkim stopama pa bi teoretski ova populacija trebala više trošiti u

odnosu na populaciju kunjke koja ima više jedinka u skupini iznad 50 mm i manje jedinka manjih od 25 mm (Peharda i sur. 2003). Usporedba vrijednosti potrošnje kisika, izlučivanja amonijaka i stope pročišćavanja između kunjke i bijele dagnje pokazala je statistički značajnu razliku za najmanje školjkaše. Kod ostale dvije testirane skupine statistički značajna razlika zabilježena je u potrošnji kisika kod najvećih jedinka i u stopi pročišćavanja kod srednjih primjeraka. Za obje istraživane vrste školjkaša uočen je trend veće potrošnje kisika, stope pročišćavanja i O:N odnosa kod manjih jedinki. Nasuprot tome, izlučivanje amonijaka veće je za školjkaše dulje od 50 mm. Velike populacije manjih jedinka filtriraju velike količine vode tijekom ishrane smanjujući količinu hrane. Gustoća uzgajanih školjkaša ne bi smjela premašiti dostupnu hranu u ekosustavu. Razumijevanje energetskih dobitaka važno je za procjenu ekološkog kapaciteta nosivosti uzgojnog područja (Gibbs, 2007). Kunjka male i srednje veličine treba više hrane i iz tog razloga bijela dagnja je bolji izbor za uzgoj. S druge strane bijela dagnja treba više kisika u svim veličinskim kategorijama, te se uvjeti izmjene vode trebaju uzeti u obzir prilikom odabira lokacije za uzgoj. Izvedeni pokusi daju vrijednu informaciju o fiziološkim odgovorima koji mogu biti korisni prilikom odabira uzgojnog područja. Podaci o vrijednostima fizioloških stopa u odnosu na duljinske kategorije mogu pomoći prigodom ekološkog modeliranja za postizanje preciznijih rezultata. Pri tome treba uzeti u obzir utjecaj godišnjeg doba i stoga bi bilo poželjno istražiti utjecaj veličine na metaboličke odgovore tijekom godine.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju provedenog istraživanja može se zaključiti:

Potrošnja kisika

- Zabilježena je statistički značajna razlika u potrošnji kisika kunjke u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode, dok vrijeme izlaganja (mjereno prvi i peti dan) nije pokazalo statistički značajnu razliku.
- Na potrošnju kisika bijele dagnje utjecaj različitih vrijednosti saliniteta morske vode i vremena izlaganja (mjereno prvi i peti dan) nije statistički značajan.
- Utjecaj različite količine hrane i vremena hranjenja na potrošnju kisika kunjke nije statistički značajan.
- U potrošnji kisika bijele dagnje nije opažena statistički značajna razlika u odnosu na količinu hrane, ali jest u odnosu na vrijeme hranjenja.
- Različite veličine pokusnih jedinki statistički značajno utječu na potrošnju kisika kunjke. Najniže vrijednosti potrošnje primijećene su za jedinke duljine ljušture veće od 50 mm, a najviše za jedinke manje od 25 mm.
- I kod bijele dagnje statistički je značajan utjecaj različite veličine jedinki na potrošnju kisika. Najniže vrijednosti potrošnje primijećene su za jedinke duljine ljušture 25-50 mm, a najviše za školjkaše manje od 25 mm.

Izlučivanje amonijaka

- Zabilježena je statistički značajna razlika u izlučivanju amonijaka kunjke u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode. Vrijeme izlaganja nema značajan utjecaj na izlučivanje amonijaka.
- Kod bijele dagnje različite vrijednosti saliniteta morske vode ne utječu značajno na izlučivanje amonijaka, statistički značajna razlika registirana je samo u odnosu na vrijeme izlaganja.
- Zabilježena je statistički značajna razlika u izlučivanju amonijaka kunjke i bijele dagnje u odnosu na različitu količinu hrane i u odnosu na vrijeme hranjenja.
- Najveća vrijednost izlučivanja amonijaka u odnosu na različitu količinu hrane zabilježena je kod izgladnjelih pokusnih primjeraka obje vrste.
- Zabilježena je statistički značajna razlika u izlučivanju amonijaka kunjke u odnosu na različite veličine jedinki. Najniže vrijednosti izlučivanja primijećene su za jedinke duljine ljušture manje od 25 mm, a najviše za one dulje od 50 mm.

- Nije zabilježena statistički značajna razlika u izlučivanju amonijaka bijele dagnje u odnosu na različite veličine pokusnih jedinka.

O:N odnos

- Nije primijećena statistički značajna razlika O:N odnosa kunjke u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode i vrijeme izlaganja.
- Utjecaj vrijednosti saliniteta morske vode i vremena izlaganja na O:N odnos bijele dagnje nije statistički značajan.
- Utjecaj količine hrane i vremena hranjenja na O:N odnos kunjke i bijele dagnje je statistički značajan.
- Zabilježena je statistički značajna razlika O:N odnosa s kunjke obzirom na različite veličine pokusnih jedinki. Najniže vrijednosti primijećene su za školjkaše duljine ljušture veće od 50 mm, a najviše za one manje od 25 mm.
- Zabilježena je statistički značajna razlika O:N odnosa bijele dagnje u odnosu na različite duljinske kategorije pokusnih jedinki. Najniže vrijednosti zabilježene su za primjerke duljine ljušture preko 50 mm, a najviše za one manje od 25 mm.

Stopa pročišćavanja

- Primijećen je statistički značajan utjecaj različitih vrijednosti saliniteta morske vode i vremena izlaganja na stopu pročišćavanja kunjke.
- Kod bijele dagnje statistički značajna razlika stope pročišćavanja uočena je u odnosu na različite vrijednosti saliniteta morske vode, ali ne i u odnosu na vrijeme izlaganja.
- Zabilježena je statistički značajna razlika u stopi pročišćavanja kunjke u odnosu na vrijeme hranjenja, dok utjecaj različite količine hrane statistički nije značajan.
- Ista situacija kao kod kunjke javlja se i kod pokusnih jedinki bijele dagnje. Statistički značajna razlika u stopi pročišćavanja zabilježena je u odnosu na vrijeme hranjenja, ali ne i u odnosu na količinu hrane.
- Opažena je statistički značajna razlika vrijednosti stope pročišćavanja kunjke u odnosu na različite veličine jedinki. Najniže vrijednosti primijećene su za pokusne jedinke duljine ljušture veće od 50 mm, a najviše za one manje od 25 mm.
- Zabilježena je statistički značajna razlika vrijednosti stope pročišćavanja bijele dagnje u odnosu na različitu veličinu pokusnih jedinki. Najniže vrijednosti primijećene su za najveće pokusne jedinke duljine ljušture preko 50 mm, a najviše za najmanju kategoriju do 25 mm veličine.

Razlika fizioloških odgovora između vrsta

- Statistički značajne razlike u fiziološkim odgovorima između kunjke i bijele dagnje pokazale su se u odnosu na utjecaj različitih vrijednosti saliniteta morske vode i vremena izlaganja. Nešto manja razlika u metaboličkim stopama između ovih dviju vrsta zabilježena je na 20 i 25 psu.
- Između kunjke i bijele dagnje u odnosu na količinu hrane i vrijeme hranjenja nema statistički značajne razlike u stopi pročišćavanja i izlučivanju amonijaka, a za ostale metaboličke odgovore razlike su minimalne.
- Utjecaj veličine jedinki na istraživane fiziološke odgovore kunjke i bijele dagnje ukazuje da je između vrsta statistički značajna razlika za jedinke duljine ljušture manje od 25 mm za sve fiziološke odgovore, za jedinke veličine od 25 do 50 mm samo u odnosu na stopu pročišćavanja, a za one dulje od 50 mm samo u odnosu na stopu disanja.

Preporuke

- Za obje istraživane vrste trebalo bi provesti dodatno istraživanje fizioloških odgovora koristeći pri tom umjesto flagelata *T. suecica* neku drugu vrstu hrane. Pretpostavlja se kako *T. suecica* zbog visokog udjela bjelančevina (Brown, 1991**)** utječe na povećano izlučivanje amonijaka (Bayne & Scullard 1977a).
- Za obje vrste bilo bi korisno dodatno istražiti utjecaj saliniteta kroz različita godišnja doba.
- Zbog važnosti utjecaja sezone odnosno gametogenetskog stadija na izlučivanje amonijaka bilo bi poželjno istražiti utjecaj veličine školjkaša kroz različite sezone na metaboličke odgovore.
- Za obje istraživane vrste trebalo bi provesti dodatno istraživanje stope disanja hraneći pri tom školjkaše većom količinom hrane korištene u ovom pokusu.
- Kako bi se odredio utjecaj vremena hranjenja bilo bi dobro vidjeti kroz razdoblje dulje od 15 dana kakav je taj utjecaj na sve metaboličke stope.
- Utjecaj hranjenja na fiziološke odgovore trebalo bi istražiti i u odnosu na veće koncentracije algi.
- Indeksi fiziološke kondicije mogli bi se koristiti u određivanju stupnja stresa koji školjkaši doživljavaju za vrijeme uzgoja. Kako bi se odredio utjecaj stresa, potrebni su podatci o normalnim sezonskim varijacijama u fiziološkim indeksima koji bi služili kao bazna crta s kojom se promjene u uvjetima okoliša mogu usporediti. Zato bi u

Malostonskom zaljevu bilo poželjno istražiti utjecaj godišnjih doba na razinu metaboličke aktivnosti kunjke i bijele dagnje.

7. LITERATURA

Albentosa, M., M.J. Fernández-Reiriz, U. Labarta & A. Pérez-Camacho. 2007. Response of two species of clams, *Ruditapes decussatus* and *Venerupis pullastra*, to starvation: physiological and biochemical parameters. Comp. Biochem. Physiol., Part B: Biochem. Mol. Biol., 146(2): 241-249.

Allen, J.A. & M.R. Garrett. 1971. The excretion of ammonia and urea by *Mya arenaria* L. (Mollusca: Bivalvia). Comp. Biochem. Physiol., Part A: Mol. Integr. Physiol., 39(4): 633–642.

Amende, L.M. & S.K. Pierce. 1980. Cellular volume regulation in salinity stressed molluscs: The response of *Noetia ponderosa* (Arcidae) red blood cells to osmotic variation. J. Comp. Physiol., 138(4): 283-289.

Anestis, A., H.O. Pörtner, A. Lazou & B. Michaelidis. 2008. Metabolic and molecular stress responses of sublittoral bearded horse mussel *Modiolus barbatus* to warming sea water: implications for vertikal zonation. J. Exp. Biol., 211(17): 2889-2898.

Barber, B.J. & N.J. Blake.1985. Substrate catabolism related to reproduction in the bay scallop *Agropecten irradians concentricus*, as determned by O/N and R/Q physiological indexes. Mar. Biol., 87:13-18.

Bartberger, C.A. & S. K. Pierce Jr. 1976. Relationship between ammonia excretion rates and hemolymph nitrogenous compounds of a euryhaline bivalve during low salinity acclimation. Biol. Bull., 150(1): 1-14.

Bayne, B.L. & R.J. Thompson. 1970. Some physiological consequences of keeping *Mytilus edulis* in the laboratory. Helgo. Wiss. Meersunters., 20(1-4): 526-552.

Bayne, B.L. 1973a. Physiological changes in *Mytilus edulis* L. induced by temperature and nutritive stress. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 53(01): 39-58.

Bayne, B.L. 1973b. Aspects of the metabolism of *Mytilus edulis* during starvation. Neth. J. Sea Res., 7:399-410.

Bayne, B.L. & C. Scullard. 1977a. An apparent specific dynamic action in *Mytilus edulis* L. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 57(02): 371-378.

Bayne, B.L. & C. Scullard. 1977b. Rates of nitrogen excretion by species of *Mytilus* (Bivalvia: Mollusca). J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 57(02): 355-369.

Bayne, B.L., M.N. Moore, J. Widdows, D.R. Livingstone, P. Salkeld, D.J. Crisp, R.J. Morris, J.S. Gray, A.V. Holden, R.C. Newell & A.D. McIntyre. 1979. Measurement of the responses of individuals to environmental stress and pollution: studies with bivalve molluscs. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B., 286:563-581.

Bayne, B.L. & R.C. Newell. 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In A.S.M. Saleuddin and K.M. Wilbur (eds.), The mollusca, Volume 4 Physiology, Part 1. Academic Press, New York. pp. 407-515.

Bayne, B.L., D.A. Brown, K. Burns, D.R. Dixon, A. Ivanovici, D.A. Livingstone, D.M. Lowe, M.N. Moore, A.R.D. Stebbing & J. Widdings. 1985. The Effects of Stress and Pollution on Marine Animals. Praeger, New York, USA.

Bayne, B.L., A.J.S. Hawkins & E. Navarro. 1987. Feeding and digestion by the mussel *Mytilus edulis* L.(Bivalvia: Mollusca) in mixtures of silt and algal cells at low concentrations. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 111(1): 1-22.

Bayne, B.L., J.I.P. Iglesias, A.J.S. Hawkins, E. Navarro, M. Heral & J.M. Deslous-Paoli. 1993. Feeding behaviour of the mussel, *Mytilus edulis*: responses to variations in quantity and organic content of the seston. J. Mar. Biol. Assoc. UK, 73(04): 813-829.

Bayne, B.L. 1998. The physiology of suspension feeding by bivalve molluscs: an introduction to the Plymouth "TROPHEE" workshop. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 219(1): 1-19.

Begum, S., L. Basova, J. Strahl, A. Sukhotin, O. Heilmayer, E. Philipp, T. Brey & D. Abele. 2009. A Metabolic Model for the Ocean Quahog *Arctica islandica*—Effects of Animal Mass and Age, Temperature, Salinity, and Geography on Respiration Rate. J. Shellfish Res., 28(3):533-539.

Bello, G., P. Paparella, A. Corriero & N. Santamaria. 2013. Protoandric hermaphroditism in the bivalve *Arca noae* (Mollusca: Arcidae). Medit. Mar. Sci., 14(1): 86-91.

Benović, A., 1997. The history, present condition, and future of the molluscan fisheries of Croatia. In: MacKenzie Jr., C.L., V.G. Burell Jr., A. Rosenfield & W.L. Hobart, (Eds), History, present condition, and future of the molluscan fisheries of north and central America and Europe. Volume 3, Europe, NOAA Technical Report NMFS, vol. 129. U.S. Department of Commerce, pp. 217-226.

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

Berger, V.J. & A.D. Kharazova. 1997. Mechanisms of salinity adaptations in marine molluscs. Hydrobiologia, 355: 115-126.

Berger, V.J. & A.D. Naumov. 2001. Salinity Adaptations and Bathymetric Distribution of Bivalve Mollusks *Portlandia arctica* and *Nuculana pernula* in the White Sea. Russ. J. Mar. Biol., 27(5): 308-313.

Bertrand, C., S. Devin, C. Mouneyrac & L. Giambérini. 2017. Eco-physiological responses to salinity changes across the freshwater-marine continuum on two euryhaline bivalves: *Corbicula fluminea* and *Scrobicularia plana*. Ecol. Indic., 74: 334-342.

Bougrier, S., P. Geairon, J.M. Deslous-Paoli, C. Bacher & G. Jonquières. 1995. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). Aquaculture, 134(1): 143-154.

Brey, T. 2010. An empirical model for estimating aquatic invertebrate respiration. Methods. Ecol. Evol., 1(1): 92-101.

Bricelj, V.M., J. Epp & R.E. Malouf. 1987. Comparative physiology of young and old cohorts of bay scallop *Argopecten irradians irradians* (Lamarck): mortality, growth, and oxygen consumption. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 112 (2): 73-91.

Brown, M.R. 1991. The amino-acid and sugar composition of 16 species of microalgae used in mariculture. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 145(1): 79-99.

Brown, J.H., J.F. Gillooly, A.P. Allen, V.M. Savage & G.B. West. 2004. Toward a metabolic theory of ecology. Ecology, 85(7): 1771–1789.

Buxton, C.D., R.C. Newell & J.G. Field. 1981. Response–surface analysis of the combined effects of exposure and acclimation temperatures on filtration, oxygen consumption and scope for growth in the oyster *Ostrea edulis*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 6: 73-82.

Chávez-Villalba, J., C. Soyez, H. Aurentz & G. Le Moullac. 2013. Physiological responses of female and male black-lip pearl oysters (*Pinctada margaritifera*) to different temperatures and concentrations of food. Aquat. Living Resour., 26(3): 263-271.

Clausen, I.B. & H.U. Riisgård. 1996. Growth, filtration and respiration in the mussel *Mytilus edulis*: no evidence for physiological regulation of the filter-pump to nutritional needs. Mar. Ecol. Prog. Ser., 141: 37-45.

Cochrane, K., C. De Young, D. Soto & T. Bahri. 2009. Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. FAO fisheries and Aquaculture Tehnical Paper. No. 530. FAO, Rome, pp. 218.

Corner, E.D.S. & C.B. Cowey. 1968. Biochemical studies on the production of marine zooplankton. Biol. Rev., 43(4): 393-426.

Cotou, E., E. Papathanassiou & A. Kosmas. 1996. Physiological responses of marine indicator organisms to global pollution. Final reports of research projects dealing with biological effects (Research area III). MAP Technical Reports Series No. 103, 43–55, UNEP Athens.

Coughlan, J. 1969. The estimation of filtering rate from the clearance of suspesions. Mar. Biol., 2: 356-358.

Cranford, P.J., J.E. Ward & S.E. Shumway. 2011. Bivalve filter feeding: variability and limits of the aquaculture biofilter. In: Shumway, S.E.(ed.) Shellfish aquaculture and the environment. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ. pp. 81-124.

Ćurin, M., M. Peharda, B. Calcinai, & S. Golubić. 2014. Incidence of damaging endolith infestation of the edible mytilid bivalve *Modiolus barbatus*. Mar. Biol. Res., 10(2): 179-189.

Dai, Y.Y., Y.B. Dong, X. Li & J.F. Fan. 2012. Study on salinity related oxygen consumption and ammonia excretion of *Meretrix meretrix*. In: Biomedical Engineering and Biotechnology (iCBEB), International Conference on biomedical Engineering and Biotehnology, Macao, China, 28-30 Svibanj, 2012, pp. 1734-1737.

De Mahieu, G., A. Martin & J. Rada. 1988. Physiological and behavioural aspects related to salinity changes in *Donax denticulatus* (Bivalvia: Donacidae). Comp. Biochem. Physiol., Part A: Mol. Integr. Physiol., 89(3): 487-493.

Denis, L., E. Alliot & D.Grzebyk. 1999. Clearance rate responses of Mediterranean mussels, *Mytilus galloprovincialis*, to variations in the flow, water temperature, food quality and quantity. Aquat. Living Resour., 12(4): 279-288.

Dimitriadis, V.K., C. Gougoula, A. Anestis, H.O. Pörtner & B. Michaelidis. 2012. Monitoring the biochemical and cellular responses of marine bivalves during thermal stress by using biomarkers. Mar. Environ. Res., 73: 70-77.

Dupčić Radić, I., M. Carić, M. Najdek, N. Jasprica, J. Bolotin, M. Peharda & A. Bratoš Cetinić. 2014. Biochemical and fatty acid composition of *Arca noae* (Bivalvia: Arcidae) from the Mali Ston Bay, Adriatic Sea. Med. Mar. Sci., 15 (3): 520-531.

Emerson, D.N. 1969. Influence of salinity of ammonia excretion rates and tissue constituents of euryhaline invertebrates. Comp. Biochem. Physiol., 29(3): 1115-1133.

Enríquez-Ocaña, L.F., M. Nieves-Soto, P. Piña-Valdez, L.R. Martinez-Cordova & M.A. Medina-Jasso. 2012. Evaluation of the combined effect of temperature and salinity on the filtration, clearance rate and assimilation efficiency of the mangrove oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951). Arch. Biol. Sci., 64 (2): 479-488.

Ezgeta-Balić, D., A. Rinaldi, M. Peharda, I. Prusina , V. Montalto, N. Niceta & G. Sarà. 2011. An energy budget for the subtidal bivalve *Modiolus barbatus* (Mollusca) at different temperatures. Mar. Environ. Res., 71(1): 79–85.

Ezgeta-Balić, D., M. Peharda, J. Davenport, O. Vidjak & J.Boban. 2012a. Size structure of zooplankton ingested by four commercially important bivalves. Acta Adriat., 53(2): 277-288.

Ezgeta-Balić, D., M. Najdek, M. Peharda & M. Blažina. 2012b. Seasonal fatty acid profile analysis to trace origin of food sources of four commercially important bivalves. Aquaculture, 334-337: 89-100.

Ezgeta-Balić, D., S. Lojen, T. Dolenec, P. Žvab Rožič, M. Dolenec, M. Najdek & M. Peharda. 2014. Seasonal differences of stable isotope composition and lipid content in four bivalve species from the Adriatic sea. Mar. Biol. Res., 10: 625-634.

FAO. 2016. The state of world fisheries and aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, FAO, 200 pp.

Fernández-Reiriz, M.J., J.M. Navarro & U. Labarta. 2005. Enzymatic and feeding behaviour of *Argopecten purpuratus* under variation in salinity and food supply. Comp. Biochem. Physiol., Part A: Mol. Integr. Physiol., 141(2): 153-163.

Foster-Smith, R. L. 1975. The effect of concentration of suspension on the filtration rates and pseudofaecal production for *Mytilus edulis* L., *Cerastoderma edule* (L.) and *Venerupis corrugata* (Montagu). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 17(1): 1-22.

Führer, E., A. Rudolph, C. Espinoza, R. Díaz, M. Gajardo & N. Camano. 2012. Integrated use of biomarkers (O: N Ratio and Acetylcholinesterase inhibition) on *Aulacomya ater* (Molina, 1782)(Bivalvia: Mytilidae) as a criteria for effects of organophosphate pesticide exposition. J. Toxicol., 2012. http://dx.doi.org/10.1155/2012/951568

Gardner, J.P. & R.J. Thompson. 2001. The effects of coastal and estuarine conditions on the physiology and survivorship of the mussels *Mytilus edulis, M. trossulus* and their hybrids. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 265(2): 119-140.

Gibbs, M.T. 2007. Sustainability performance indicators for suspended bivalve aquaculture activities. Ecol. Indic., 7(1): 94-107.

Gilek, M., M. Tedengren & N. Kautsky. 1992. Physiological performance and general histology of the blue mussel, *Mytilus edulis* L., from the Baltic and North seas. Neth. J. Sea Res., 30: 11-21.

Gillooly, J.F., J.H. Brown, G.B. West, V.M. Savage & E.L. Charnov. 2001. Effects of size and temperature on metabolic rate. Science, 293: 2248-2251.

Gosling, E. 2003. Bivalve Molluscs – biology, ecology and culture. Fishing News Books, Blackwell Publishing, Oxford. 443 pp.

Griffiths, P. & I. D. Hill .1986. Applied statistics algorithms. Ellis Horwood Limited. Chichester, England, 307 pp.

Guzmán-Agüero, J.E., M. Nieves-Soto, M.Á. Hurtado, P. Piña-Valdez & M. del Carmen Garza-Aguirre. 2013. Feeding physiology and scope for growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) acclimated to different conditions of temperature and salinity. Aquacult. Int., 21(2): 283-297.

Hamer, B., Ž. Jakšić, D. Pavičić-Hamer, L. Perić, D. Medaković, D. Ivanković, J. Pavičić, C. Zilberberg, H.C. Schröder, W.E.G. Müller, N. Smodlaka & R. Batel. 2008. Effect of hypoosmotic stress by low salinity acclimation of Mediterranean mussels *Mytilus galloprovincialis* on biological parameters used for pollution assessment. Aquat. Toxicol., 89: 137-151.

Handå, A., T. Nordtug, S. Halstensen, A.J. Olsen, K.I. Reitan, Y. Olsen & H. Reinertsen. 2013. Temperature-dependent feed requirements in farmed blue mussels (*Mytilus edulis* L.) estimated from soft tissue growth and oxygen consumption and ammonia-N excretion. Aquacult. Res., 44(4): 645-656.

Hawkins, A.J.S., P.N. Salkeld, B.L. Bayne, E. Gnaiger & D.M. Lowe. 1985. Feeding and resource allocation in the mussel *Mytilus edulis*: Evidence for time-averaged optimization. Mar. Ecol. Prog. Ser., 20(3): 273-287.

Hawkins, A.J.S., A. Magoulas, M. Heral, S. Bougrier, Y. Naciri-Graven, A.J. Day & G. Kotoulas. 2000. Separate effects of triploidy, parentage and genomic diversity upon feeding behaviour, metabolic efficiency and net energy balance in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Genet. Res., 76(03): 273-284.

Hawkins, A.J.S., P. Duarte, J.G. Fang, P.L. Pascoe, J.H. Zhang, X.L. Zhang & M.Y. Zhu. 2002. A functional model of responsive suspension-feeding and growth in bivalve shellfish, configured and validated for the scallop *Chlamys farreri* during culture in China. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 281(1): 13-40.

Hong-sheng, Y., W. Ping, Z. Tao, W. Jian, H. Yi-chao & Z. Fu-sui. 1999. Effects of reduced salinity on oxygen consumption and ammonia-N excretion of *Chlamys farreri*. Chin. J. Oceanol. Limnol., 17(3): 207-211.

Hrs-Brenko, M. 1980. Preliminary survey of populations of the bivalve Noah's ark (*Arca noae*, Linné) 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 ll. Pteromorphia (Arcidae and Noetidae). Nat. Croat., 5:221-247.

Huber, M. 2010. Compendium of Bivalves. A full-color guide to 3,300 of the World's Marine Bivalves. A status on Bivalvia after 250 years of research. ConchBooks. Hackenheim, 901 pp.

Hutchinson, S. & L.E. Hawkins. 1992. Quantification of the physiological responses of the European flat oyster *Ostrea edulis* L. to temperature and salinity. J. Mollus. Stud., 58(2): 215-226.

Ikeda, T. 1977. The effect of laboratory conditions on the extrapolation of experimental measurements to the ecology of marine zooplankton. IV. Changes in respiration and excretion rates of boreal zooplankton species maintained under fed and starved conditions. Mar. Biol., 41(3): 241-252.

Ivančić, I. & D. Degobbis.1984. An optimal manual procedure for ammonia analysis in natural waters by the indophenol blue method. Water Res., 18(9): 1143-1147.

Jadhav, M. & V. Bawane. 2012. Size specific changes in the rate of oxygen consumption, ammonia excretion and O:N ratio of freshwater bivalve mollusc, *Lamellidens marginalis* (Lamark) from Jayakwadi dam at Paithan during winter seasons. Biosci. Disc., 3(3): 331-336.

James, M.R., M.A. Weatherhead & A.H. Ross. 2001. Size-specific clearance, excretion, and respiration rates, and phytoplankton selectivity for the mussel *Perna canaliculus* at low levels of natural food. N. Z. J. Mar. Freshwater Res., 35(1): 73-86.

Jasprica, N., M. Carić, J. Bolotin & M. Rudenjak-Lukenda. 1997. The Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) growth rate response to phytoplankton and microzooplankton population densities in the Mali Ston Bay (Southern Adriatic). Periodicum Bilogorum, 99(2): 255-264.

Jørgensen, C.B. 1975. Comparative physiology of suspension feeding. Annu. Rev. Physiol., 37(1): 57-79.

Jørgensen, C.B. 1983. Fluid mechanical aspects of suspension feeding. Mar. Ecol. Prog. Ser, 11: 89-103.

Jørgensen, C.B., T. Kiorboe, F. Mohlenberg & H.U. Riisgård. 1984. Ciliary and mucus-net filter feeding, with special reference to fluid mechanical characteristics. Mar. Ecol. Prog. Ser., 15(3): 283-292.

Jørgensen, C.B. 1989. Water processing in ciliary feeders, with special reference to the bivalve filter pump. Comp. Biochem. Physiol., Part A: Mol. Integr. Physiol., 94(2): 383-394.

Jørgensen, C.B. 1996. Bivalve filter feeding revisited. Mar. Ecol. Prog. Ser., 142: 287-302.

Kang, K.H., J.M. Kim & Y.H. Kim. 2004. Influence of Water Temperature and Salinity on Oxygen Consumption and Filtration Rate of Ark Shell, *Anadara granosa bisenensis*. Korean J. Malacol., 20(2): 107-110.

Kang, K.H., H.J. Park, Y.H. Kim, S.C. Seon & B. Zhou. 2008. Filtration and oxygen consumption rates on various growth stages of *Anadara broughtonii spat*. Aquacult. Res., 39(2): 195-199.

Kang, J.W., S.S. Lee & K.N. Han. 2014. Clearance rate and feeding according to water temperature and salinity condition in the surf clam, *Mactra veneriformis*. Korean J. Malacol., 30(2): 101-106.

Katsikatsou, M., H.O. Pörtner & B. Michaelidis. 2009. Field study of the molecular and metabolic responses of the bivalve Modiolus barbatus. Comp. Biochem. Physiol., Part A: Mol. Integr. Physiol., 154 (1): S8-S8.

Katsikatsou, M., A. Anestis, H.O. Pörtner & B. Michaelidis. 2010. Integrated effects of molecular and metabolic stress in *Modiolus barbatus* in the field. Comp. Biochem. Physiol., Part A: Mol. Integr. Physiol., 157(1): S50-S50.

Katsikatsou, M., A. Anestis, H.O. Pörtner, T. Kampouris & B. Michaelidis. 2011. Field studies on the relation between the accumulation of heavy metals and metabolic and HSR in the bearded horse mussel *Modiolus barbatus*. Comp. Biochem. Physiol., Part C, 153: 133-140.

Katsikatsou M, A. Anestis, H.O. Pörtner, A. Vratsistas, K. Aligizaki & B. Michaelidis. 2012. Field studies and projections of climate change effects on the bearded horse mussel *Modiolus barbatus* in the Gulf of Thermaikos, Greece. Mar. Ecol. Prog. Ser., 449: 183-196.

Khalil, A.M. 1994. Influence of starvation, body size and temperature on ammonia excretion in the marine bivalve *Tapes decussatus* (L.). Aquacult. Res., 25(8): 839-847.

Kinne, O. 1964. The effect of temperature and salinity on marine and brackish water animals. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 2: 281-393. Harold Barnes, Ed. Publ. George Allen and Unwin Ltd., London.

Koehn, R.K. & B.L. Bayne. 1989. Towards a physiological and genetical understanding of the energetics of the stress response. Biol. J. Linn. Soc., 37(1-2): 157–171.

Kožul, V., N. Glavić, J. Bolotin & N. Antolović. 2011. The experimental rearing of Noah's ark, *Arca noae* (Linnaeus, 1758) and Bearded horse Mussel, *Modiolus barbatus* (Linnaeus,1758) in Mali Ston Bay. In: Pošpil, M. (ed), Proceedings of the 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture: Fisheries, Game management and

Beekeeping; 2011, February 13-17, Opatija. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia, p. 807-809.

Kryger, J. & H.U. Riisgård. 1988. Filtration rate capacities in 6 species of European freshwater bivalves. Oecologia, 77(1): 34-38.

Lagade, V.M., S.S.Taware & D.V. Muley. 2013. Seasonal variation in oxygen: nitrogen ratio of *Hiatula diphos* of Bhatye estuary, Ratnagiri coast, India. J. Environ. Biol., 34(1): 123-126.

Landes, A., P. Dolmer, L.K. Poulsen, J.K. Petersen & B.Vismann. 2015. Growth and respiration in blue mussels (*Mytilus* spp.) from different salinity regimes. J. Shellfish Res., 34(2): 373-382.

Levene, H. 1960. Robust tests for equality of variances. In I. Olkin (ed.), Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling. Stanford University Press, Palo Alto, California. pp. 278–292.

Livingstone, D.R., J. Widdows & P. Fieth. 1979. Aspects of nitrogen metabolism of the common mussel *Mytilus edulis*: Adaptation to abrupt and fluctuating changes in salinity. Mar. Biol., 53(1): 41-55.

Lok, A., S. Acarli, S. Serdar, A. Kose & P. Goulletquer. 2006. Growth and survival rates of bearded horse mussel (*Modiolus barbatus* Linne, 1758) in Mersin Bay (Turkey). Isr. J. Aquacult., 58(1): 55-61.

Mackay, J. & S.E. Shumway.1980. Factors affecting oxygen consumption in the scallop *Chlamys delicatula* (Hutton). Ophelia, 19(1): 19-26.

Maire, O., J. Amoroux, J. Duchene & A. Gremare. 2007. Relationship between filtration activity and food availability in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*. Mar. Biol., 152: 1293-1307.

Mallet, A.L., C.E.A. Carver, S.S. Coffen & K.R. Freeman. 1987. Winter growth of the blue mussel *Mytilus edulis* L.: importance of stock and site. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 108(3): 217-228.

Marin, A. & M.D. López Belluga. 2005. Sponge coating decreases predation on the bivalve *Arca noae*. J. of Mollus. Stud., 71(1): 1-6.

Martin, J.H. 1968. Phytoplankton-zooplankton relationship in Narrangasett Bay. III. Seasonal changes in zooplankton excretion rate in relation to phytoplankton abundance. Limnol. Oceanogr. 13:63-71.

Mayzaud, P. 1973. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton. II. Studies of the metabolic characteristics of starved animals. Mar. Biol., 21(1): 19-28.

Mayzaud, P. & R.J. Conover. 1988. O: N atomic ratio as a tool to describe zooplankton metabolism. Mar. Ecol. Prog. Ser., Oldendorf, 45(3): 289-302.

McFarland, K., L. Donaghy & A.K. Volety. 2013. Effect of acute salinity changes on hemolymph osmolality and clearance rate of the non-native mussel, *Perna viridis*, and the native oyster, *Crassostrea virginica*. Southwest Florida. Aquat. Inv., 8(3): 299-310.

McLusky, D.S. 1972 .The effect of temperature on the oxygen consumption and filtration rate of *Chlamys (Aequipecten) opercularis* (L.) (Bivalvia). Ophelia 10(2): 141-154.

Meštrov, M. & A. Požar-Domac. 1981. Bitna svojstva ekosistema Malostonskog zaljeva i zaštita. In: J. Roglić and M. Meštrov (Eds). Zbornik radova Savjetovanja „Malostonski zaljev. Prirodna Podloga i Društveno Valoriziranje". JAZU, Znanstveni savjet za Zaštitu Prirode. Dubrovnik, pp. 370-377.

Mladineo, I. & M. Peharda. 2005. Histopathology of *Gymnophallus* sp. sporocysts in the edible mytilid, *Modiolus barbatus*. J. Shellfish Res., 24(4): 1097-1100.

Mladineo, I., M. Peharda, S. Orhanović, J. Bolotin, M. Pavela-Vrančić & B. Treursić. 2007. The reproductive cycle, condition index and biochemical composition of the horse-bearded mussel *Modiolus barbatus.* Helgol. Mar. Res., 61(3): 183-192.

Mladineo, I. 2008. Risk assessment of parasitic/symbiotic organisms of the commercially important mytilid *Modiolus barbatus* (Linnaeus, 1758). Aqua. Res., 39(16): 1705-1719.

Mondal, S.K. 2006. Effect of temperature and body size on food utilization in the marine pearl oyster *Pinctada fucata* (Bivalvia: Pteridae). Indian J. Mar. Sci., 35(1): 43-49.

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(1): 19-28.

Navarro, J.M. & J. E. Winter. 1982. Ingestion rate, assimilation efficiency and energy balance in *Mytilus chilensis* in relation to body size and different algal concentrations. Mar. Biol., 67(3): 255-266.

Navarro, J.M. 1988. The effects of salinity on the physiological ecology of *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia : Mytilidae). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 122(1): 19-33.

Navarro, E., J.I.P. Iglesias & M.M. Ortega. 1992. Natural sediment as a food source for the cockle *Cerastoderma edule* (L.): effect of variable particle concentration on feeding, digestion and the scope for growth. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 156(1): 69-87.

Navarro, J.M. & R.J. Thompson. 1996. Physiological energetics of the horse mussel *Modiolus modiolus* in a cold ocean environment. Mar. Ecol. Prog. Ser., 138: 135-148.

Navarro, J.M. & C.M. Gonzalez. 1998. Physiological responses of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* to decreasing salinities. Aquaculture, 167(3–4): 315-327.

Newell, R.C. 1973. Factors affecting the respiration of intertidal invertebrates. Am. Zool., 13(2): 513-528.

Newell, C.R., D.J. Wildish & B.A. MacDonald. 2001. The effects of velocity and seston concentration on the exhalant siphon area, valve gape and filtration rate of the mussel *Mytilus edulis*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 262(1): 91-111.

Nieves-Soto, M., L.F.B. Ramírez, P. Pica-Valdez, M.A. Medina-Jasso, A. Miranda-Baeza, L.R. Martínez-Córdova & J.A. López-Elías. 2013. Combined effect of temperature and food concentration on the filtration and clarification rates and assimilation efficiency of *Atrina tuberculosa* Sowerby, 1835 (Mollusca: Bivalvia) under laboratory conditions. Arch. Biol. Sci., 65(1): 99-106.

Paganini, A., W.J. Kimmerer & J.H. Stillman. 2010. Metabolic responses to environmental salinity in the invasive clam *Corbula amurensis*. Aquat. Biol., 11(2): 139-147.

Peharda, M., M. Hrs-Brenko, V. Onofri, D. Lučić & A. Benović. 2002a. A visual census of bivalve distributions in the saltwater lake Malo jezero (Mljet National Park, South Adriatic Sea). Acta Adriat., 43(1): 65-75.

Peharda, M., C.A. Richardson, V. Onofri, A. Bratoš & M. Crnčević. 2002b. Age and growth of the bivalve *Arca noae* L. in the Croatian Adraitic Sea. J. Moll. Stud., 68: 307-310.

Peharda, M., J. Bolotin, N. Vrgoč, N. Jasprica, A. Bratoš & B. Skaramuca. 2003. A study of the Noah's ark shell, (*Arca noae* Linnaeus 1758) in Mali Ston Bay, Adriatic sea. J. Shellfish Res., 22(3): 705-709.

Peharda, M., & 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(5): 1011-1019.

Peharda, M., I. Mladineo, J. Bolotin, L. Kekez & B. Skaramuca. 2006. The reproductive cycle and potential protoandric development of the Noah's Ark shell, *Arca noae* L.: Implications for aquaculture. Aquaculture, 252: 317-327.

Peharda, M., C.A. Richardson, I. Mladineo, S. Šestanović, Z. Popović, J. Bolotin & N. Vrgoč. 2007. Age, growth and population structure of *Modiolus barbatus* from the Adriatic. Mar. Biol., 151: 629-638.

Peharda, M., N. Stagličić D. Egzeta, N. Vrgoč. I. Isajlović & S. Krstulović-Šifner. 2009. Distribution and population structure of *Arca noae* in the 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. 2013. The potential for aquaculture of the bearded horse mussel (*Modiolus barbatus*) and Noah's Ark shell (*Arca noae*) in southern Croatia. Aquacult. Int., 21(3):639-653.

Pérez-Camacho, A., M. Delgado, M.J. Fernández-Reiriz & U. Labarta. 2003. Energy balance, gonad development and biochemical composition in the clam *Ruditapes decussatus*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 258: 133-145.

Pestana, D., A. Ostrensky, W.A.P. Boeger & M.R. Pie. 2009. The effect of temperature and body size on filtration rates of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) under laboratory conditions. Braz. Arch. Biol. Technol., 52(1): 135-144.

Peters, R.H. 1983. The ecological implications of body size (Vol. 2). Cambridge University Press. 333 pp.

Pierce Jr., S.K. & M.J. Greenberg. 1972. The nature of cellular volume regulation in marine bivalves. J. Exp. Biol., 57: 681- 692.

Pierce Jr., S.K. & M.J. Greenberg. 1973. The initiation and control of free amino acid regulation of cell volume in salinity-stressed marine bivalves. J. exp. Biol, 59: 435-440.

Pleissner, D., K. Lundgreen, F. Lüskow & H.U. Riisgård. 2013. Fluorometer controlled apparatus designed for long-duration algal-feeding experiments and environmental effect studies with mussels. J. Mar. Biol., 2013.

Poppe, G.T. & Y. Goto. 2000. European seashells, vol II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda). 2nd edn. ConchBooks, Hackenheim, Germany.

Pörtner, H.-O. 2012. Integrating climate-related stressor effects on marine organisms: unifying principles linking molecule to ecosystem-level changes. Mar. Ecol. Prog. Ser., 470: 273-290.

Puljas, S., M. Peharda, I. Župan & F. Bukša. 2015. Maximum recorded life span of *Arca noae* Linnaeus, 1758 in the marine protected area Telaščica, Adriatic Sea. Cah. Biol. Mar, 56: 163-168.

Resgalla Jr., C., E.S. Brasil & L.C. Salomão. 2006. Physiological rates in different classes of sizes of *Perna perna* (Linnaeus, 1758) submmited to experimental loboratory conditions. Braz. J. Biol., 66(1B): 325-336.

Resgalla Jr., C., E.S. Brasil & L.C. Salomão. 2007. The effect of temperature and salinity on the physiological rates of the mussel *Perna perna* (Linnaeus 1758). Braz. Arch. Biol. Technol., 50(3):543-556.

Resgalla Jr., C., C.M. Radetski & C.A.F. Schettini. 2010. Physiological energetics of the brown mussel *Perna perna* (L.) transplanted in the Itajaí-Açu river mouth, Southern Brazil. Ecotoxicology, 19(2): 383-390.

Riisgård, H.U. & A. Randløv. 1981. Energy budgest, growth and filtration rates in *Mytilus edulis* at different algal concentrations. Mar. Biol., 61(2): 227-234.

Riisgård, H.U. 1988. Efficiency of particle retention and filtration rate in 6 species of Northeast American bivalves. Mar. Ecol. Prog. Ser., 45(3): 217-223.

Riisgård, H.U. & P.S. Larsen. 1995. Filter-feeding in marine macro-invertebrates: pump characteristics, modelling and energy cost. Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc., 70(1): 67-106.

Riisgård, H.U. & P. S. Larsen. 2000. Comparative ecophysiology of active zoobenthic filter feeding, essence of current knowledge. J. Sea Res., 44(3): 169-193.

Riisgård, H.U. 2001. Comment: Physiological regulation versus autonomous filtration in filter-feeding bivalves: Starting points for progress. Ophelia, 54(3): 193-209.

Riisgård, H.U. & P.S. Larsen. 2001. Minireview: Ciliary filter feeding and bio-fluid mechanics—present understanding and unsolved problems. Limnol. Oceanogr., 46(4): 882-891.

Riisgård, H.U., C. Kittner & D.F. Seerup. 2003. Regulation of opening state and filtration rate in filter-feeding bivalves (*Cardium edule, Mytilus edulis, Mya arenaria*) in response to low algal concentration. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 284:105-127.

Riisgård, H.U., M. Mulot, L. Merino & D. Pleissner. 2014. Effect of salinity-changing rates on filtration activity of mussels from two sites within the Baltic Mytilus hybrid zone: The brackish Great Belt (Denmark) and the low saline Central Baltic Sea. Open J. Mar. Sci., 4:101-109.

Rodrigues, L.H.R., A. Arenzon, M.T. Raya-Rodriguez & N.F. Fontoura. 2011. Algal density assessed by spectrophotometry: a calibration curve for the unicellular algae *Pseudokirchneriella subcapitata*. J. Environ. Chem. Ecotoxicol., 3(8): 225-228.

Roglić, J. 1981. Geografski aspekt Malostonskog zaljeva. In: J. Roglić and M. Meštrov (Eds). Zbornik radova Savjetovanja „Malostonski zaljev. Prirodna Podloga i Društveno Valoriziranje“. JAZU, Znanstveni savjet za Zaštitu Prirode. Dubrovnik, pp.13-21.

Roth, J., B. Guhl, U. Kloter & W.J. Gehring. 2011. The ommatidia of *Arca noae*: a three-tier structure with a central light-guiding element for the receptor cell. Histochem. Cell. Biol., 136(1): 11-23.

Sarà, G. & A. Pusceddu. 2008. Scope for growth of *Mytilus galloprovincialis* (Lmk.,1819) in oligotrophic coastal waters (Southern Tyrrhenian Sea, Italy). Mar.Biol., 156(2): 117-126.

Sarà, G., C. Romano, J. Widdows & F.J. Staff. 2008. Effect of salinity and temperature on feeding physiology and scope for growth of an invasive species (*Brachidontes pharaonis* -MOLLUSCA: BIVALVIA) within the Mediterranean sea. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 363(1-2): 130-136.

Saucedo, P.E., L. Ocampo, M. Monteforte & H. Bervera. 2004. Effect of temperature on oxygen consumption and ammonia excretion in the Calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856). Aquaculture, 229(1–4): 377–387.

Savina, M. & S. Pouvreau. 2004. A comparative ecophysiological study of two infaunal filter-feeding bivalves: *Papia rhomboïdes* and *Glycymeris glycymeris*. Aquaculture, 239 (1-4): 289-306.

Segnini de Bravo, M.I., K.S. Chung & J.E. Perez. 1998. Salinity and temperature tolerances of the green and brown mussels, *Perna viridis* and *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae). Rev. Biol. Trop., 46(5): 121-125.

Shafee, M.S. 1976. Effect of Salinity & Time of Exposure to Air on the Metabolism of Green Mussel, *Mytilus viridis* L. Indian J. Mar. Sci., 5:130-132.

Shin, Y.K., B.H. Kim, B.S. Oh, C.G. Jung, S.G. Sohn & J.S. Lee. 2006. Physiological responses of the ark shell *Anadara broughtonii* (Bivalvia: Arcidae) to decreases in salinity. Fish. Aquat. Sci., 9(4): 153-159.

Shumway, S.E. 1977a. Effect of salinity fluctuation on the osmotic pressure and Na^{+}, Ca^{2+} and Mg^{2+} ion concentrations in the hemolymph of bivalve molluscs. Mar. Biol., 41(2): 153-177.

Shumway, S.E. 1977b. The effect of fluctuating salinity on the tissue water content of eight species of bivalve molluscs. J. Comp. Physiol., B, 116(3): 269-285.

Shumway, S.E., P.A. Gabbott & A. Youngson. 1977. The effect of fluctuating salinity on the concentrations of free amino acids and ninhydrin-positive substances in the adductor muscles of eight species of bivalve molluscs. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 29(2): 131-150.

Shumway, S.E. & A. Youngson. 1979. The effects of fluctuating salinity on the physiology of *Modiolus demissus* (Dillwyn). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 40(2): 167-181.

Shumway, S.E. & R.K. Koehn.1982. Oxygen Consumption in the American Oyster *Crassostrea virginica.* Mar. Ecol. Prog. Ser., 9: 59-68.

Shumway, S.E., J. Barter & J. Stahlnecker. 1988. Seasonal changes in oxygen consumption of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin). J. Shellfish Res., 7(1):77-82.

Shumway, S.E., C. Davis, R. Downey, R. Karney, J. Kraeuter, J. Parsons, R. Rheault & G. Wikfors. 2003. Shellfish aquaculture–in praise of sustainable economies and environments. World Aquacult., 34(4): 8-10.

Sobral, P. & J.Widdows. 1997. Effects of elevated temperatures on the scope for growth and resistance to air exposure of the clam *Ruditapes decussatus* (L.), from southern Portugal. Sci. Mar., 61: 163-171.

Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1995. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 3rd Edition. W.H. Freeman and Co. New York, 887 pp.

Sokolova, I.M., C. Bock & H.O. Pörtner. 2000. Resistance to freshwater exposure in White Sea *Littorina* spp. I: Anaerobic metabolism and energetics. J. Comp. Physiol., B, 170(2): 91-103.

Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. Limnol. Oceanogr.,14(5): 799-801.

Sprung, M. & U. Rose. 1988. Influence of food size and food quantity on the feeding of the mussel *Dreissena polymorpha*. Oecologia, 77(4): 526-532.

Stead, R.A. & R.J. Thompson. 2003. Physiological energetics of the protobranch bivalve *Yoldia hyperborea* in a cold ocean environment. Polar Biol., 26(2):71-78.

Strickland J. & T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Sea Water Analysis. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.

Strohmeier, T., Ø. Strand & P. Cranford. 2009. Clearance rates of the great scallop (*Pecten maximus)* and blue mussel (*Mytilus edulis*) at low natural seston concentrations. Mar. Biol., 156(9): 1781-1795.

Sukhotin, A.A. & H.O. Pörtner. 2001. Age-dependence of metabolism in mussels *Mytilus edulis* (L.) from the White Sea. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 257(1): 53-72.

Sukhotin, A.A., D. Abele & H.O. Pörtner. 2002. Growth, metabolism and lipid peroxidation in *Mytilus edulis*: age and size effects. Mar. Ecol. Prog. Ser., 226: 223-234.

Sunoko, H.R.A. 1997. The effect of abrupt changes in salinity on the SFG of the mussels. J. Coast. Dev., 1(1):59-69.

Sylvester, F., J. Dorado, D. Boltovskoy, Á. Juárez & D. Cataldo. 2005. Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. Hydrobiologia, 534(1): 71-80.

Šimunović, A. 1981. Biološko-ekološka istraživanja jestivih školjkaša Malostonskog zaljeva. In: J. Roglić and M. Meštrov (Eds). Zbornik radova Savjetovanja „Malostonski zaljev. Prirodna Podloga i Društveno Valoriziranje". JAZU, Znanstveni savjet za Zaštitu Prirode. Dubrovnik, pp. 252-267.

Tang, B., B. Liu, H. Yang & J. Xiang. 2005. Oxygen consumption and ammonia-N excretion of *Meretrix meretrix* in different temperature and salinity. Chin. J. Oceanol. Limnol., 23: 469–474.

Taware, S.S., V.M. Lagade & D.V. Muley. 2012. Oxygen consumption rate of the estuarine Psammobiid clam *Hiatula diphos* (Linnaeus) under various Environmental conditions. Indian. J Geo-Marine, 41(5): 468-472.

Taware, S.S. & D.V. Muley. 2013. Size-dependent seasonal variation in respiration in clam *Katelysia opima* (Gmelin) exposed to lower salinity ranges along Bhatye estuary, Ratnagiri (MS) India. J. Mar. Biol. Assoc. India, 55(1): 6.

Taware, S. & D. Muley. 2014. Salinity induced respiratory alterations in estuarine clam *Paphia laterisulca* at Bhatye estuary, Ratnagiri coast, India. The Bioscan, 9 (4): 1361-1366.

Taylor, A.C. & A.R. Brand. 1975. Effects of hypoxia and body size on the oxygen consumption of the bivalve *Arctica islandica* (L.). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 19(2): 187-196.

Tomaru, Y., S. Ebisuzaki, Z. Kawabata & S. Nakano. 2002. Respiration rates of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*, feeding on *Pavlova lutheri* and *Chaetoceros gracilis*. Aquacult. Res., 33(1): 33-36.

Valli, G. & C. Parovel. 1981. Aspects de la reproduction et de la biométrie chez *Arca noae* L.(Mollusca, Bivalvia). Rapports et procès-verbaux des réunions. Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Mer Méditerranée, 27(2): 135-136.

Van Erkom Schurink, C. & C.L. Griffiths. 1992. Physiological energetics of four South African mussel species in relation to body size, ration and temperature. Comp. Biochem. Physiol., 101A: 779-789.

Vedpathak, A.N., R.J. Muley & D. T. Tangade. 2011. Excretion and O:N ratio of freshwater bivalve, *Indonaia caeruleus* (Prashad, 1918) in relation to body size during summer. The Bioscan, 6(2): 315-318.

Vojdani, F. & A. Salarzadeh. 2015. The study filtration rate of *Circenita callipyga* by the microalga *Isochrysis aff galbana* at different temperatures and salinities. International Journal, *3*(6): 932-939.

Vukadin, I. 1981. Hidrografska svojstva Malostonskog zaljeva i susjednog mora u periodu 1980-1981 godine. In: J. Roglić and M.Meštrov (Eds). Zbornik radova Savjetovanja „Malostonski zaljev. Prirodna Podloga i Društveno Valoriziranje“. JAZU, Znanstveni savjet za Zaštitu Prirode. Dubrovnik, pp.52-65.

Walne, P.R. 1972. The influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 52(2): 345-374.

Wang, S., H. Hong & X. Wang. 2005. Bioenergetic responses in green lipped mussels (*Perna viridis*) as indicators of pollution stress in Xiamen coastal waters, China. Mar. Pollut. Bull., 51(8): 738-743.

Wang, Y., M. Hu, W.H. Wong, P.K. Shin & S.G. Cheung. 2011. The combined effects of oxygen availability and salinity on physiological responses and scope for growth in the green-lipped mussel *Perna viridis*. Mar. Pollut. Bull., 63(5): 255-261.

Warren, C.E. & G.E. Davis. 1967. Laboratory studies on the feeding, bioenergetics, and growth of fish. In: Gerking, S.D.(Ed.), The Biological Basis of Freshwater Fish Production. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 175–214.

Widdows, J. 1978a. Combined effects of body size, food concentration and season on the physiology of *Mytilus edulis*. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 58(01): 109-124.

Widdows, J. 1978b. Physiological indices of stress in *Mytilus edulis*. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 58(01), 125-142.

Widdows, J., D.K. Phelps & W. Galloway. 1981. Measurement of physiological condition of mussels transplanted along a pollution gradient in Narragansett Bay. Mar. Environ. Res., 4(3): 181-194.

Widdows, J. & D. Johnson. 1988. Phyiological energetics of *Mytilus edulis* : Scope for growth. Mar. Ecol. Prog. Ser., 46: 113-121.

Widdows, J., K.A. Burns, N.R. Menon, D.S. Page & S. Soria. 1990. Measurement of physiological energetics (scope for growth) and chemical contaminants in mussels (*Arca zebra*) transplanted along a contamination gradient in Bermuda. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 138(1-2): 99-117.

Widdows, J. & F. Staff. 2006. Biological effects of contaminants: measurement of scope for growth in mussel. ICES Tech. Mar. Environ. Sci., 40: 1-30.

Williams, J.B. 1984. Respiratory changes in the euryhaline clam, *Mulinia lateralis* (Say), over a range of temperature and salinity combinations.J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 81(3): 269-280.

Winter, J. E. 1978. A review on the knowledge of suspension-feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. Aquaculture, 13(1): 1-33.

Winter, J.E., M.A. Acevedo & J.M. Navarro. 1984. Quempillen estuary and experimental oyster cultivation station in southern Chile. Energy balance in *Ostrea chilensis*. Mar. Ecol. Prog. Ser, 20: 151-164.

Worrall, C.M, J. Widdows & D. M. Lowe. 1983 . Physiological ecology of three populations of the bivalve *Scrobicularia plana*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 12: 267-279.

Yukihira, H., D.W. Klumpp & J.S. Lucas. 1998a. Comparative effects of microalgal species and food concentration on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima* (Bivalvia: Pteriidae). Mar. Ecol. Prog. Ser., 171: 71-84.

Yukihira, H., D.W. Klumpp & J.S. Lucas. 1998b. Effects of body size on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 170: 119-130.

Yukihira, H., D.W. Klumpp & J.S. Lucas. 1999. Feeding adaptations of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima* to variations in natural particulates. Mar. Ecol. Prog. Ser., 182: 161-173.

Yukihira, H., J.S. Lucas & D.W.Klumpp. 2000. Comparative effects of temperature on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 195: 179-188.

Zavodnik, D. 1999. Beskralježnjaci Jadranskog mora. In: A. Kutle (Ed). Pregled stanja biološke i krajobrazne raznolikosti Hrvatske sa strategijom i akcijskim planovima zaštite. DUZO , Zagreb, pp. 63-65.

Zeuthen, E. 1953. Oxygen uptake as related to body size in organisms. Q. Rev. Biol., 28(1): 1-12.

Zhang, J., J.G. Fang, A.J.S Hawkins & P.L. Pascoe. 2004. The effect of temperature on clearance rate and oxygen consumption of scallops, *Chlamys farreri*. J. Shellfish Res., 23: 715-721.

Zotin, A.A. & N.D. Ozernyuk. 2004. Age-related changes in oxygen consumption in the edible mussel *Mytilus edulis* from the White Sea. Biol. Bull., 31(5): 465-468.

Župan, I. 2012. Integralni uzgoj dagnje (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck,1819) i kunjke (*Arca noae* Linnaeus, 1758) na uzgajalištima riba. Doktorska disertacija, Split: Sveučilišni studijski centar za studije mora, 26.06. 2012, 120 pp.

Župan, I., J. Rogošić, T. Šarić & D. Kanski. 2013. Transfer of *Arca noae* Linnaeus, 1758 from natural to different experimental farming conditions**,** Croatian Journal of Fisheries, 71 (4): 187-191.

Župan, I., M. Peharda, T. Dolenec, M. Dolenec, P. Žvab Rožič, S. Lojen, D. Egzeta-Balić & J. Arapov. 2014. Aquaculture Assessment of Noah's Ark (*Arca noae* Linnaeus, 1758) in the Central Adriatic Sea (Croatia). J. Shellfish Res., 33(2): 433-441.

Ministarstvo poljoprivrede < www.mps.hr> pristupila 18.04.2016.

8. ŽIVOTOPIS

Matea Vlašić rođena je 26. travnja 1973. godine u Dubrovniku gdje završava srednju školu. Akademske godine 1993./1994. upisuje se na diplomski studij Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Splitu, gdje završava smjer Pomorsko-ribarska tehnologija. Diplomski rad s temom „HACCP u ribljoj industriji Hrvatske“ iz predmeta Tehnologija prerade i očuvanja proizvoda mora, pod vodstvom mr.sc. Borislava Divić, obranila je dana 27.12.1999. godine. Međusveučilišni poslijediplomski doktorski studij „Primijenjene znanosti o moru“ pri Sveučilištu u Splitu i Sveučilištu u Dubrovniku upisuje u akademskoj godini 2010./2011. te pod vodstvom dr. sc.
Nikše Glavić izrađuje ovu doktorsku disertaciju.
Od listopada 2004. godine radi u Ministarstvu poljoprivrede, Uprava ribarstva, u Odjelu za ribarsku statistiku na radnom mjestu višeg stručnog savjetnika u Dubrovniku.

POPIS RADOVA

Znanstveni radovi objavljeni u WOS časopisima:

Glavić, N., **M. Vlašić**, J. Bolotin, I. Dupčić Radić, E. Hrustić, V. Kožul & N.Antolović. 2018. The Size Driven Variations in Physiological Responses of the Bearded Horse Mussel *Modiolus Barbatus* and the Noah's Ark Shell *Arca noae*. Turk. J. Fish. Aquat. Sc., 18: 1355-1362.
DOI: 10.4194/1303-2712-v18_12_03

Vlašić M., N. Glavić, J. Bolotin, E. Hrustić & I. Dupčić Radić. 2018. Influence of salinity on physiological response of the bearded horse mussel *Modiolus barbatus* and Noah's Ark Shell *Arca noae.* Ekológia, 37(4): 345-357.
DOI: 10.2478/eko-2018-0026

Znanstveni radovi objavljeni u časopisima s međunarodnom recenzijom:

Glavić, N., **M. Vlašić**, E. Hrustić, J. Bolotin & I. Dupčić Radić. 2018 The effect of food quantity on physiological responses of the bearded horse mussel *Modiolus barbatus* and the Noah's ark shell *Arca noae.* Int. J. of Adv. Res., 6 (10): 987-995.
DOI**:** 10.21474/IJAR01/7897

Znanstveni radovi objavljeni u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom:

Sulić Šprem, J., T. Dobroslavić, **M. Vlašić**, M. Martinović & V. Kožul. 2019. Biometrijska obilježja bežmeka, *Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758. na području južnog Jadrana In: Mioč, B. & Širić, I. (ed.), Zbornik radova 54. hrvatskog i 14. međunarodnog simpozija agronoma. Vodice. 331-335.