

Makrozoobentos lokvi Dugog otoka

Polović, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:949261>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Luka Polović

Makrozoobentos lokvi Dugog otoka

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

Ovaj rad je izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Marka Miliše, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije i zaštite prirode.

Prije svega zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Marku Miliši, voditelju rada, na predloženoj temi i strpljivo prenesenom znanju i savjetima tijekom mog studiranja i izrade ovog rada.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Mariji Špoljar, doc. dr. sc. Tvrtku Dražini i Ivoni Burić mag. exp. biol. na brojnim savjetima, kordinaciji terena i pomoći oko prikupljanja podataka.

Zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Jasni Lajtner, dr. sc. Marini Vilenici i dr. sc. Vlatki Mičetić Stanković na pomoći oko određivanja vrsta.

Zahvaljujem Udruzi BIUS na brojnim terenima, lijepim poznanstvima i dodatnom iskustvu stečenom tijekom mojeg studiranja.

Zahvaljujem svojoj obitelji na potpori i razumijevanju tijekom mojeg studiranja.

Zahvaljujem mojim kolegama i prijateljima na podršci tijekom izrade ovog rada.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

MAKROZOOBENTOS LOKVI DUGOG OTOKA

Luka Polović

Rooseveltov trg, 10000 Zagreb, Hrvatska

U proljeće i jesen 2017. godine i ljeto 2018. godine proveo sam istraživanje makrozoobentosa mediteranskih povremenih lokvi na Dugom otoku. Cilj istraživanja bio je odrediti dominantne svojte makrozoobentosa, odrediti uzrasnu strukturu vretenca *Sympetrum fonscolombi* (Selys, 1840) i usporediti njihove veličine s ekološkim čimbenicima u svakoj od lokacija. Presudni čimbenici u strukturiranju zajednice lokvi su morfometrija i promijenjivi fizikalno-kemijski uvjeti koji se mijenjaju s obzirom na doba godine i vremenske uvjete, te postoji mogućnost presušivanja lokvi. Planktonski račići (Crustacea) bili su najbrojniji u makrozoobentosu, a od kukaca su to bili dvokrilci (Diptera). Najbrojniji grabežljivci u makrozoobentosu bili su vretenca (Odonata). Najbogatiju zajednicu sam utvrdio u Lokvi 1 na Dugopolju, najvjerojatnije radi stabilnosti uvjeta koji su vladali u toj lokvi. Vrsta *Sympetrum fonscolombi* bila je najbrojnija među vretencima. Mjerenjem širina njihovih glava, svrstao sam ih u 10 veličinskih razreda i izradio sezonsku sliku njihove uzrasne strukture. Sezonske slike u veličinskim razredima odgovaraju multivoltnom životnom ciklusu vretenaca roda *Sympetrum*.

(47 stranica, 30 slika, 5 tablica, 63 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: makrozoobentos, krš, vretenca, *Sympetrum*, mediteranske povremene lokve, Dugi otok, uzrasna struktura

Voditelj: Dr. sc. Marko Miliša, izv. prof.

Ocjenitelji: Dr. sc. Marko Miliša, izv. prof., Dr. sc. Jasna Hrenović, prof., Dr. sc. Marija Ivković, doc

Rad prihvaćen: 31.1.2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

BENTHIC MACROINVERTEBRATES OF THE PONDS ON DUGI OTOK ISLAND

Luka Polović

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

The aim of the study was to determine the dominant macroinvertebrate taxa, to determine the age structure of the species *Sympetrum fonscolombi* (Selys, 1840), and to compare their size with the ecological factors at each site. In the spring and autumn of 2017 and summer 2018, I conducted a study of benthic macroinvertebrates of Mediterranean temporary ponds on Dugi otok Island. The most important factors in the community's structure are morphometry and physio-chemical conditions of the pond that vary seasonally including a possibility of drying. Plankton crustaceans (Crustacea) were the most abundant taxon among the macroinvertebrates, followed by flies (Diptera). The most abundant predators were the dragonflies and damselflies (Odonata). The richest benthic macroinvertebrate fauna was found in the pond marked as Lokva 1 at Dugopolje, probably because of the stability of environmental conditions. *Sympetrum fonscolombi* is the most common among dragonflies. By measuring their head capsule's width, I ranked them in 10 size classes and made an analysis of their age structure which corresponds to the multivoltine life cycle of *Sympetrum* dragonflies.

(47 pages, 30 figures, 5 tables, 63 references, original in Croatian)

Key words: benthic macroinvertebrates, karst, dragonflies, *Sympetrum*, Mediterranean temporary ponds, Dugi otok island, size structure

Supervisor: Dr. sc. Marko Miliša, Assoc. prof.

Reviewers: Dr. Marko Miliša, Assoc. prof., Dr. Jasna Hrenović, Prof., Dr. Marija Ivković, Asst. Prof.

Thesis accepted: 31.1. 2019.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Dalmatinski tip obale.....	1
1.2. Mediteranske povremene lokve.....	1
1.3. Makrozoobentos i njegova uloga u utvrđivanju stanja lokvi.....	2
1.4. Vretenca.....	3
1.5. Životni ciklus vretenaca.....	5
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	7
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	8
3.1. Morfometrija lokvi i opis lokacija	8
4. MATERIJALI I METODE	20
4.1. Opis i odabir lokacija.....	20
4.2. Obrada lokacija.....	20
4.3. Prikupljanje uzoraka i podataka o fizikalno-kemijskim uvjetima	20
4.4. Izolacija i određivanje vrsta.....	22
4.5. Mjerenje širine glava i određivanje mase organske tvari	22
5. REZULTATI	24
5.1. Fizikalno-kemijski uvjeti	24
5.2. Makrozoobentos	26
5.3. Širine glava i masa jedinki.....	29
6. RASPRAVA	35
7. ZAKLJUČAK	40
8. LITERATURA	41
9. ŽIVOTOPIS	47

1. UVOD

1.1. Dalmatinski tip obale

Dalmatinski tip obale je tako nazvan upravo po hrvatskoj obali Jadranskog mora koja je jedna od dvije tog tipa u svijetu. Radi se o izrazito razvedenoj obali čiji su otoci paralelni sa glavnim kopnom. Uzrok tome su slojevi geološke podloge koji su nagnuti te erodirani čime su dobili današnji oblik. Cijela Hrvatska obala Jadrana je građena od dolomita ili vapnenca, koji su vodopropusne stijene topive u vodi (White 2007.). Erodiranjem površine tih stijena vodom nastaje krš, reljef bez ili s tankim slojem tla i najčešće bez površinske vode (Monroe 1970.). Postoji mnogo vrsta krša, različitih koncentracija dolomita i vapnenca, a u nas je zastupljen Dinaridski krš, podloga koja mjestimično ipak omogućava zadržavanje površinske vode (Terzić 2007.).

1.2. Mediteranske povremene lokve

Budući da je površinska voda neophodna ljudima i većim životinjama, njen nedostatak predstavlja problem, pogotovo na otocima. Taj problem je riješen na većim Hrvatskim otocima poput Krka, Cresa ili Dugog otoka koji imaju vlastite zalihe pitke vode, dok na manjim otocima to nije slučaj. Razlog tome je što se padaline procjeđuju kroz kršku podlogu, a blizina mora podzemnim putevima može zasoliti postojeću površinsku slatku vodu (Magaš 2008.).

Unatoč tome što su krške podloge vodopropusne, nerijetka pojava u kršu su lokve. Budući da te lokve povremeno presušuju, te su različitih slanosti vode ako su uz more, teško ih je definirati kao slatkovodne, trajne ili povremene. Stoga su po projektu Natura 2000 definirane kao „3170 Mediterranean temporary ponds“ (Dimopoulos i sur. 2014). Mediteranske povremene lokve najčešće su antropogenog nastanka i pune se padalinama koje se slijevaju s okolnog tla i održavaju se razinom vodnog lica u tlu. Ljudi su većinu lokvi, umjetnih i prirodnih koristili za sakupljanje i čuvanje pitke vode za sebe, te napajanje stoke i usjeva (Casas i sur. 2010.).

Uvjeti i stanje povremenih mediteranskih lokvi uvelike ovisi o djelovanju čovjeka. Čovjek je iz potrebe za agrikulturu održavao lokve, konkretno, njihovu obalu i produbljivao ih je vađenjem mulja što ih je sprječavalo od presušivanja, dok je njegova stoka je uklanjala gustu vegetaciju oko lokvi. Budući da je populacija na otocima sve manja, kao i potreba za takvim tipom agrikulture i stočarstva, takva djelatnost se smanjuje (Magaš 2008.). Ljudsko djelovanje može imati pozitivan i negativan utjecaj na stanje lokvi. S jedne strane, održavanjem lokvi i produživanjem njihovog hidroperioda stabiliziraju se uvjeti što omogućava nastanak kompleksnije, raznolikije i kvalitetnije faune koja u njima živi (Williams 1996.). Također, dulji hidroperiod omogućava jači razvoj makrofita koji zajednici makrozoobetosa pružaju trodimenzionalno stanište sa više hrane koja omogućava bolju kondiciju i rast jedinki (Solimini i sur. 2005.). S druge strane, ispiranje pesticida s okolnog tla mijenja kemizam vode i uništava zajednicu člankonožaca u lokvi (Geason 2003.; Melaas 2001.), dok obrada okolnog tla može dovesti do promjene u brzini sedimentacije lokve (Donohue i Irvine 2004.). Uklanjanje okolne vegetacije povećava količinu sunca koja dolazi do lokve dok s druge strane ubrzava eroziju obale, te otežava emergenciju brojnih vrsta kukaca čije ličinke žive u lokvi.

Mediterranske privremene lokve su se pokazale kao lokacije visoke bioraznolikosti i endemičnosti, a razlog tome su specifični uvjeti svake lokve koji se vrlo često međusobno razlikuju (Oertli i sur. 2002.; Nicolet i sur. 2007.). Posebni uvjeti omogućavaju razvoj rijetkih ekoloških niša, a hidroperiod ima velik utjecaj na kvantitetu i kvalitetu zajednice u lokvi. Neke lokve presušuju nekoliko puta godišnje, no česti su slučajevi gdje lokva ne presuši nekoliko godina (Florencio i sur. 2009.; Zacharias i sur. 2007.). Mediteranske povremene lokve su lokaliteti posebnog bogatstva flore i faune te velike važnosti za okolne ekosustave. Njihov maleni kapacitet čini ih posebno osjetljivim na utjecaje iz okoline, što ih uz njihovu degradaciju i nestanak svrstava na popis ugroženih staništa velike važnosti. Stoga ih je važno izučavati kako bi bolje razumjeli kako takvi ekosustavi funkcioniraju i kako bi ih mogli bolje zaštititi.

1.3. Makrozoobentos i njegova uloga u utvrđivanju stanja lokvi

Kako bismo imali precizan uvid u stanje ekosustava, moramo poznavati život koji se u njemu odvija. Za to nam služe indikatorske vrste čija prisutnost ili odsutnost govori o određenim utjecajima i promjenama u ekosustavu koji istražujemo (Resh i sur. 1995.). Budući

da postoji mnoštvo različitih organizama osjetljivih na određene utjecaje, sami postavljamo kriterije za istraživanje i informacije koje želimo dobiti (Johnson i sur. 1993.). Opseg istraživanja je također važno uzeti u obzir jer razne metode imaju razne brzine izvođenja, te daju informacije različite preciznosti (Bailey i sur. 2001.). Kao model za dobivanje stanja ekosustava koriste se razne vrste, skupine vrsta ili ekološke niše kao npr. plankton, makrofiti, makrozoobentos, ribe. Kao najprecizniji i najopširniji indikator stanja u slatkovodnim ekosustavima pokazala se zajednica makrozoobenosa (Carter i sur. 2006.; Resh 2007.). Bentos je zajednica organizama koje žive na dnu ili pri dnu, a makrozoobentos, kao što mu samo ime govori (macro – grčki prefiks koji znači dugačko ili veliko, zoo – životinjski) je zajednica pridnenih oku vidljivih životinja. Makrozoobentos jezera ili lokvi može biti sačinjen od maločetinaša (Oligochaeta), kukaca (Insecta), rakova (Crustacea) i mekušaca (Mollusca). Što smo taksonomski precizniji u opisivanju zajednice makrozoobentosa, preciznije ćemo odrediti uvjete ili promjene koje određuju sastav te zajednice. Vrste koje se nalaze u presušnim lokvama moraju biti prilagođene na brze, ponekad i ekstremne promjene u ekosustavu, te otporne na potencijalne pritiske iz okoliša (kao što je raspad organske tvari). Zato su vrste koje nalazimo u mediteranskim privremenim lokvama većinom eurivalentne i nerijetko generalisti.

1.4. Vretenca

Odonata (vretenca) se dijele u dva podreda: Zygoptera (engl. damselflies) i Anisoptera (engl. dragonflies). Obje skupine posjeduju istaknute karakteristike po kojima se vrlo lako raspoznaju (Abbot 1999.; Misof 2002.). Ovisno o vrsti mogu spadati pod kukce srednje veličine do velikih kukaca. Odrasle jedinke posjeduju specifičan izgled; velike oči, podjednako velika prednja i stražnja krila te dugačak zadak (Slika 1). Nerijetko su šareno obojani i vrlo spretni letači (Bybee i sur. 2007.). Obje skupine (podreda) vretenaca su predatori u odraslom i ličinačkom stadiju, te ih je lako razlikovati. Glavna razlika je u veličini, te su jedinke podreda Anisoptera puno veće i zdepastije građe. U odraslom stadiju ih se najlakše raspoznati po krilima i letu. Let jedinki podreda Anisoptera je gladak, brz i sa naglim okretima, te svoja krila ne sklapaju nakon slijetanja, dok su jedinke podreda Zygoptera manje spretni letači čiji let podsjeća na let leptira, a krila drže sklopljena iznad toraksa ili uz zadak. Determinacija odraslih stadija se vrši po venaciji krila, položaju pterostigme i genitalnim nastavcima. Što se ličinaka

tiče, osim razlike u veličini, ličinke podreda Zygoptera imaju tri peraste škrge na kraju zatka koje služe za determinaciju vrste. Determinacija ličinaka je kompliciranija od determinacije odraslog stadija jer vretenca prolaze otprilike 10 presvlačenja u ličinačkom stadiju. Kasniji stadij ličinačkog razvoja znači više diferencirana determinacijska svojstva što ranije stadije čini kompliciranima za određivanje (Slika 2). Ono što ličinku vretenca razlikuje od svih ostalih vrsta u makrozoobentosu je preobrazba donje usne u organ koji se naziva krinka. Krinka je organ koja se može izbaciti poput ruke, a na njenom vrhu se nalaze organi za žvakanje te služi za lov (Pritchard 1964.). Ona se razlikuje među porodicama. Na primjer, krinka porodice Libellulidae je žličastog oblika i prilagođena lovu na manji plijen, dok krinka porodice Aeshnidae izgleda poput neizmijenjenog usnog organa za žvakanje te je prilagođena za hvatanje većeg plijena.

Budući da žive u raznolikim slatkovodnim staništima, vretenca često služe kao indikatori (D'amico i sur. 2004.). Spretnim letom mogu pokriti velika područja i brzo migrirati, a zbog brzog razvoja jajeta i ličinke mogu brzo kolonizirati područja koja im odgovaraju (Stoks i Cordoba-Aguilar 2012.). Također, relativno malen broj vrsta u odnosu na ostale skupine kukaca, te raskošan izgled ih čine lakim za određivanje. Zbog velikog interesa čovjeka za ove karizmatične životinje, do sada je već sakupljena velika količina znanja o njima te služe kao kišobranske vrste (Chovanec i Waringer 2001.). Iako su otporni na blago zagađenje, eutrofikaciju i promjenu pH u vodi (Chovanec i Raab 1997.), odličan su indikator za promjenu hidromorfologije koja može nastati kao posljedica degradacije vegetacije riparijske zone (Foote i Hornung 2005.).



Slika 1. Odrasli mužjak vrste *Sympetrum fonscolombi* (Selys, 1840). (www.wikipedia.com)

1.5. Životni ciklus vretenaca

Njihov životni ciklus je kompleksan što znači da prolaze kroz više stadija života i pritom mijenjaju stanište (Stoks i Cordoba-Aguilar 2012.). Životni ciklus vretenaca uključuje tri faze; jajašce, ličinka i odrasli stadij. Nakon što se jedinka izlegne iz jajašca, živi kao ličinka nekoliko mjeseci do par godina dok ne emergira iz vode u odrasli stadij. Vretenca su hemimetabolična što znači da prolaze nepotpunu preobrazbu, te je odrasli stadij sličan ličinkama. Odrasle jedinke se pare u letu, te mogu neko vrijeme provesti u amplexusu. Nakon oplodnje, ženka oplodena jajašca polaže na emergentno bilje neposredno ispod površine vode. Embriogeneza se uvelike razlikuje ovisno o vrsti vretenca, temperaturi vode i fotoperiodu. Razvoj jajašaca može trajati od par tjedana do 250 dana. Mogu prolaziti kroz dijapauzu što znači da je razvoj prekinut tijekom nepovoljnih uvjeta, za vretenca je to temperatura niža od 10°C ili dan kraći od 12 sati

(Sawchyn i Church 1973.). Ako vretenca ne prolaze dijapauzu, izliježu se iz jajeta prije zime. To može uzrokovati preživljavanje manjeg broja jedinki no s većom kondicijom na jesen. Te jedinke su veće, što u zajednici makrozoobentosa nerijetko znači dominaciju i preživljavanje (Stoks i Cordoba-Aguilar 2012.). Ovisno o vrsti, vretenca prolaze 8 do 12 presvlačenja (Waringer 1983.). Mogu biti paravoltna, univoltna ili multivoltna; davati potomstvo jednom u nekoliko godina, ili više puta godišnje, ovisno o vrsti i okolišnim uvjetima (Bethan i Thompson 2002.).



Slika 2. Ličinka roda *Sympetrum* sp. (www.naturamediterraneo.com)

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja jest:

1. Utvrditi dominantne svojte zajednice makrozoobentosa, s posebnim fokusom na vretenca slatkovodnih lokvi Dugog otoka
2. Određivanje uzrasnih skupina vrste *Sympetrum fonscolombi* (Selys, 1840)

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. Morfometrija lokvi i opis lokacija

Najveće lokve površinom i dubinom u svibnju su bile Lokva 1 na Dugopolju i Malo jezero na Žmanu koje je u rujnu prekrivalo cijelu dolinu. Dok je najmanja lokva bila lokva Veli rat koja je u rujnu bila suha. Sve lokve su okružene poljoprivrednim zemljištima, te su vjerojatno antropogene (Tablica 1)

Tablica 1. Podatci o morfometriji lokvi u svibnju

Postaja	Dubina (max) (m)	Sjever-jug (m)	Istok-zapad (m)	Okolna staništa	Ribe +/-
Dolac	0.7	10.5	9.0	vinograd, maslinik	-
Dugopolje Lokva 1	3.2	15.7	16.8	poljoprivredno zemljište, livade	-
Dugopolje Lokva 2	1.5	7.4	5.5	poljoprivredno zemljište, livade	-
Dugopolje Lokva 3	1.2	10.8	10.6	poljoprivredno zemljište, livade	-
Dugopolje Lokva 4	1.3	12.3	5.4	poljoprivredno zemljište, livade	-
Kruševo Polje - Sali	1.6	15.7	11.2	vinogradi	-
Malo jezero - Žman	2.8	17.3	15.6	poljoprivredno zemljište, livade	+
Dragove	0.7	12.9	11.0.	maslinik	-
Veli Rat	0.4	8.8	8.1	maslinik	-
Lokva kod kampa	0.2	10.5	6.8	šuma, makija, cesta, neposredna blizina mora	-

Lokva Dolac

Lokva Dolac pravilnog je okruglog oblika, te se nalazi neposredno uz vinograd i maslinik. S jedne strane je omeđena visokim zidom i nalazi se u blagom udubljenju koje je okruženo visokom vegetacijom. Po toj vegetaciji, može se prepoznati koju razinu lokva može doseći odnosno koliko se njena razina smanji za vremena suhih mjeseci (Slika 3).



Slika 3. Lokva Dolac u svibnju 2017.

Dugopolje

Dugopolje je dolina u kršu na Dugom otoku. Omeđena je brdima sa kojih se vjerojatno procjeđuju padaline. Sama dolina je prekrivena tлом koje zadržava vodu, te u njoj ima mnoštvo umjetno stvorenih lokvi. Obradene su 4 lokve na toj lokaciji od kojih je svaka drugačija po izgledu, zabilježenoj fauni u makrozoobentosu i fizikalno-kemijskim uvjetima. U rujnu je cijela dolina bila pokrivena tankim slojem vode, dubine otprilike 10 cm, te su sve lokve bile povezane tom vodom.

Lokva 1

Najveća obradena lokva u sklopu terena u svibnju 2017. Napola omeđena visokom vegetacijom, te strmom obalom. Ostatak obale koji nije okružen drvećem pokrivaju emergentna vegetacija. Po izraslom bilju i propalnoj obali može se vidjeti kako je to jedna od starijih umjetnih lokvi na toj lokaciji (Slika 4).



Slika 4. Dugopolje Lokva 1 u svibnju 2017.

Lokva 2

Malena lokva koja podsjeća na kratkoročni rezultat snažnih padalina. Strmih golih obala koje daju do znanja kako se radi o skorašnjoj umjetnoj tvorevini. Makrofita gotovo nema. Ispunjena obraštajem algi (Slika 5).



Slika 5. Dugopolje Lokva 2 u svibnju 2017.

Lokva 3

Lokva koja svojim oblikom podsjeća na bazen. Strmih obala bez ikakve visoke vegetacije, vjerojatno je nedavno nastala te joj je svrha prikupljanje i čuvanje vode. Nema niti makrofita niti obraštaja algi (Slika 6).



Slika 6. Dugopolje Lokva 3 u svibnju 2017.

Lokva 4

Malena lokva okružena propalom obalom obraštenom emergantnom vegetacijom. Zanimljivo slaba prisutnost makrofita, a dno je prekriveno raspadajućim biljnim materijalom. Tamno-smeđe do crne boje, te se uz nju osjeti lagani miris sumpora (Slika 7).



Slika 7. Dugopolje Lokva 4 u svibnju 2017.

Kruševo polje

Lokva srednje do veće veličine. Okružena blagom obalom na kojoj nema visoke vegetacije. Lokva je vjerojatno prirodnog nastanka. Mala dubina i gust obraštaj makrofitima. Na mjestima uznemirenog mulja bi se pojavili brojni trzalci (Chironomidae) crvene boje (Slika 8 i 9).



Slika 8. Lokva Kruševo polje u svibnju 2017.



Slika 9. Brojni trzalci u uznemirenom mulju lokve Kruševo polje.

Malo jezero – Žman

Lokacija koja je u svibnju bila lokva (Slika 10), a u rujnu jezero koje pokriva cijelu dolinu. Lokva srednje veličine napola okružena niskom vegetacijom. Lokva ima dublji dio strmih obala i plitki dio blagih obala koji je u potpunosti prerašten emergentnom vegetacijom.



Slika 10. Malo jezero na Žmanu u svibnju 2017.

Dragove

Lokva srednje veličine okružena srednje strmim obalama (Slika 11). Vjerojatno služi napajanju okolnih vrtova i maslinika. Tijekom svibnja nije bilo nikakvog obraštaja, dok je tijekom rujna obala lokve bila prepuna niske vegetacije, te je sama lokva bila prekrivena algama (Slika 12). Neposredno uz lokvu pronađeni brojni svlakovi vretenaca porodice Aeshnidae (Slika 13).



Slika 11. Lokva Dragove u svibnju 2017.



Slika 12. Lokva Dragove u rujnu 2017.



Slika 13. Svlakovi vretenaca porodice Aeshnidae neposredno uz lokvu Dragove.

Veli rat

Lokva po morfologiji slična lokvi Dolac. U malenoj ponikvi, s jedne strane omeđena suhozidom. Vegetacija koja okružuje lokvu može pokazivati do koje razine nabuja za vremena kišnijeg razdoblja (Slika 14). U rujnu je lokva bila suha (Slika 15).



Slika 14. Lokva Veli rat u svibnju 2017.



Slika 15. Presušeno korito lokve Veli rat u rujnu 2017.

Lokva kod kampa

Jedina zabilježena lokva povišene provodnosti, odnosno bočata. Nalazi se 20-ak metara od mora. Okružena je gustom visokom vegetacijom i teško je dostupna (Slika 16). U svibnju je bila u potpunosti ispunjena makrofitima i obraštajem algi, dok su u rujnu bili prisutni makrofiti, ali u puno manjoj količini (Slika 17). Provjereno stanje u srpnju 2018., lokva je bila suha.



Slika 16. Lokva kod kampa u svibnju 2017.



Slika 17. Lokva kod kampa u rujnu 2017.

4. MATERIJALI I METODE

4.1. Opis i odabir lokacija

Uzorke sam prikupljao na 9 slatkovodnih i jednoj bočatoj lokvi diljem Dugog otoka. Lokve sam odabrao s ciljem pokrivanja najvećeg mogućeg područja Dugog otoka i najveće raznolikosti ekoloških uvjeta. U svibnju 2017. sam prikupio uzorke iz svih 10 lokvi dok sam u rujnu 2017. prikupio uzorke iz njih 8. U srpnju 2018. Ivona Burić iz Udruge Hyla je prikupila uzorak iz Lokve 1 na Dugopolju.

4.2. Obrada lokacija

Dimenzije svih lokvi izmjerili smo u smjerovima sjever–jug i istok–zapad. Lokvu sam zatim fotografirao na način da se mogu uočiti obilježja obale lokve i potpovršinska svojstva. Svakoj lokvi je sonarom izmjerena dubina na najdubljoj točki, te je uz pomoć Secchijeva diska određena prozirnost. Lokve sam skicirao, zabilježio oblik, vegetaciju koja ih okružuje, kao i onu u njima.

4.3. Prikupljanje uzoraka i podataka o fizikalno-kemijskim uvjetima

Prikupljao sam uzorke obraštaja makrofita, vode, makrozoobentosa i planktona. Sa svake lokacije sam prikupio dvije litre vode za daljnju analizu na agronomskom fakultetu, te sam na licu mjesta određivao temperaturu, pH, provodljivost i koncentraciju kisika u lokvi. Svi navedeni fizikalno-kemijski parametri određeni su Hach-ovim mjerачem te odgovarajućom sondom.

Makrofite sam prikupljao rukom, na način da se zastupi svaka svojta koja se mogla razlikovati, zatim su konzervirani u EtOH 70 %. Nakon toga su predani na determinaciju profesoru Antunu Alegru sa Botaničkog zavoda. Makrozoobentos sam sakupio uz pomoć

bentos mrežice kvadratnog otvora (kracera) dimenzija 25×25 cm, veličine oka $250 \mu\text{m}$ (Slika 18). Uzorke sam sakupio triplikatno. Uzorkovanje se razlikovalo od lokve do lokve s obzirom na zastupljenost makrofitima budući da se zajednica makrozoobentosa razlikuje ovisno o tome živi li u makrofitima ili na golom dnu. Ako bih uzimao uzorak sa dna, napravio bih to potezom od jednog metra po dnu. Ako bih uzorak uzimao iz makrofita, uzimao bih ga tako što bih donjom stranicom otvora kracera zahvatio makrofite čime bih sakupio jedinice makrozoobenotsa koje nastanjuju makrofite. Uzorak bih u bijeloj kadici očistio od većih komada detritusa, makrofita i sedimenta. Konačni uzorak sam konzervirao u 70 %-tnim EtOH. Uzorci su nakon toga odneseni na fakultet na daljnju obradu.



Slika 18. Tip bentos mrežice kakva je korištena u ovom radu.

4.4. Izolacija i određivanje vrsta

Nakon što su uzorci doneseni na fakultet, provedena je izolacija i određivanje pod lupom. Oboje je vršeno u Petrijevoj zdjelici dovoljno velikoj za uzorak. Izolacijom su uklonjeni svi preostali nepotrebni materijali iz uzorka (detritus, makrofiti, sediment...), te su jedinke podijeljene na svojite, najčešće do razine razreda ili reda. Gastropoda (puževi), Bivalvia (školjkaši), Coleoptera (kornjaši), Ephemeroptera (vodencvijetovi) i Odonata (vretenca) određeni su do vrste. Za svaku lokvu sam izračunao količinu jedinki po m² kako bih mogao uspoređivati zajednice. Obradom prikupljenog makrozoobentosa odredio sam kako je vrsta *Sympetrum fonscolombei* najbrojnija vrsta predatora. Za determinaciju vretenaca sam koristio četiri različita ključa (Gerken i Sternberg 1999.; Kotarac 1997.; Carchini 1983.; Kohl 1998.). Kao službeni naziv vrste može se koristiti *Sympetrum fonscolombii* ili *Sympetrum fonscolombei*, te ja u ovom radu koristim potonji naziv.

4.5. Mjerenje širine glava i određivanje mase organske tvari

Kako bih im odredio veličinu mjerio sam vretencima sam mjerio širinu glave. Za mjerenje sam koristio digitalni mikrometar sa šiljastim vrhom marke Digital Micrometers Ltd IP54 preciznosti 0.001 mm (Slika 19).

Budući da je vretenca bilo potrebno podignuti na određenu visinu, te mu glavu postaviti u točni položaj kako bi mjerenje bilo precizno, kao postolje su mi poslužile dvije predmetnice i 7 pokrovnica. Jedinku sam dorzalno polegnuo na improviziranu podlogu te sam joj izmjerio širinu glave. Nakon toga sam svako vretenca pohranio u zasebnu epruvetu s vlastitim brojem, širinom glave i podacima o nalazu. Jedinke sam nakon toga podijelio u veličinske kategorije. Svako vretenca iz iste veličinske kategorije (jedna posuda – jedna veličinska kategorija) sam stavio u otvorenu keramičku emajliranu posudicu kojoj sam ranije analitičkom vagom izmjerio masu. Posude sam ostavio u sušilu na 95 °C na 5 sati, te ih zatim preselio u eksikator preko noći. Zatim sam posudice ponovno izmjerio kako bih dobio masu posudice i suhe tvari, te sam izmjerene posudice preselio u peć na žarenje. Žarenje se odvijalo 4 sata na 500 °C. Nakon što se temperatura posudica sa izarenom tvari spustila na 80 °C, premjestio sam ih u eksikator, te

im drugi dan izmjerio masu. Izradu grafičkih i tabličnih prikaza obavio sam u programu Microsoft Office Excel 2011.



Slika 19. Mikrometar korišten za mjerenje širine glave jedinki *Sympetrum fonscolombi*.

5. REZULTATI

5.1. Fizikalno-kemijski uvjeti

U svibnju i rujnu 2017. su prikupljeni podatci o fizikalno-kemijskim uvjetima lokvi te su svi prikupljeni podatci navedeni u tablicama (Tablica 2 i 3). U svibnju su zabilježene velike razlike između temperatura lokvi. Najviša zabilježena temperatura lokve je 29.6 °C, a najniža 18.4 °C, te je prosjek temperatura lokvi iznosio 22.6 °C. Tijekom rujna su također bilježene temperature, ali su bile puno bliže prosjeku i nije bilo velikih odstupanja. Najviša zabilježena temperatura je iznosila 21.8 °C, a najniža 14.3 °C, te je prosjek iznosio 20.5 °C, što je niži prosjek nego u svibnju. Visoka koncentracija kisika zabilježena je u lokvama koje su imale gust obraštaj makrofita ili algi. Zasićenost lokvi kisikom u svibnju kretala od 42 % do 238 %, a rujnu od 38 % do 183.9 %. Sve lokve osim jedne su imale podjednaku provodljivost. Kao što se vidi iz tablice (Tablica 3), Lokva kod kampa je imala povišenu provodljivost odnosno salinitet. Lokalitet je bio udaljen oko 20 metara od mora. Oko same lokve rasla je biljka Oštri sit (*Juncus acutus* Linnaeus) koja je primijećena na još nekoliko bočatih staništa na Dugom otoku.

Tablica 2. Fizikalno-kemijski parametri lokvi u svibnju.

Postaja	t (°C)	[O₂] (mg dm⁻³)	SO₂ (%)	pH	κ (μS cm⁻¹)
Dolac	28.9	13.3	177.5	10.8	239
Dugopolje Lokva 1	19.7	12.4	146.0	9.9	226
Dugopolje Lokva 2	21.0	13.7	153.0	10.0	169
Dugopolje Lokva 3	21.5	3.7	42.0	8.0	275
Dugopolje Lokva 4	19.5	5.0	53.9	7.6	352
Kruševo Polje - Sali	29.6	15.8	210.4	10.7	215
Malo jezero - Žman	22.9	13.3	153.9	8.4	128
Dragove	18.4	9.6	103.9	8.8	291
Veli Rat	24.3	17.1	204.5	10.3	268
Lokva kod kampa	20.0	21.6	238.0	10.2	2590

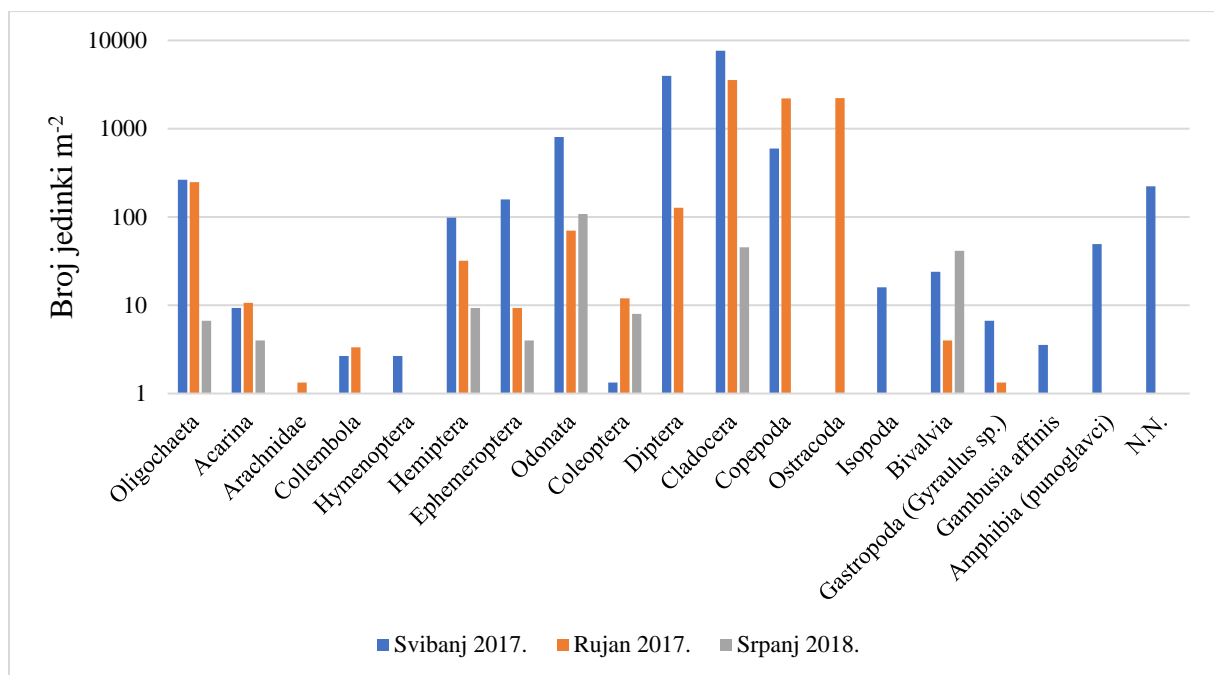
Tablica 3. Fizikalno-kemijski parametri lokvi u rujnu.

Postaja	t (°C)	[O₂] (mg dm⁻³)	SO₂ (%)	pH
Dolac	21.2	3.6	41.1	7.4
Dugopolje Lokva 1	21.7	8.6	97.0	7.5
Dugopolje Lokva 2	21.6	6.5	72.6	7.4
Dugopolje Lokva 3	21.5	14.4	162.6	8.5
Dugopolje Lokva 4	20.2	3.6	38.0	7.3
Malo jezero - Žman	21.8	12.7	143.6	7.8
Dragove	21.8	16.1	183.9	7.7
Lokva kod kampa	14.3	6.0	58.6	7.6

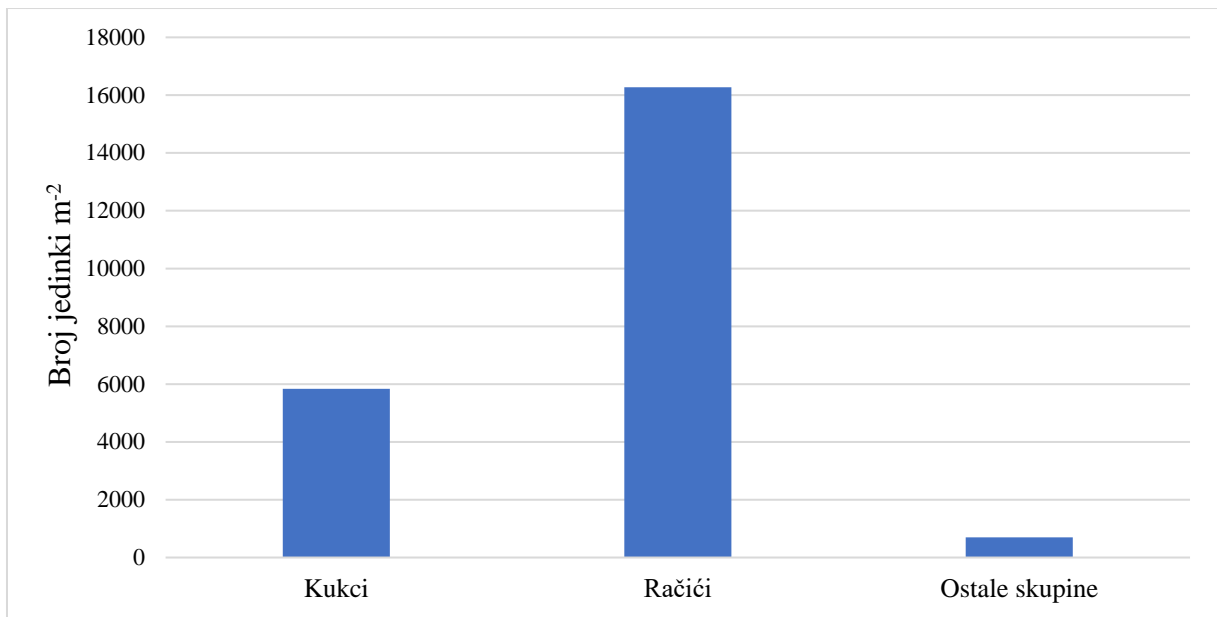
5.2. Makrozoobentos

Sveukupno je prikupljeno i obrađeno 7575 jedinki makrozoobentosa. Brojnošću su prevladavali planktonski račići kojih je sakupljeno preko 5500. U svibnju je u zajednici makrozoobentosa najbrojnija bila skupina rašljoticalaca (Cladocera) (Slika 21). Od kukaca najbrojniji su bili dvokrilci (Slika 20).

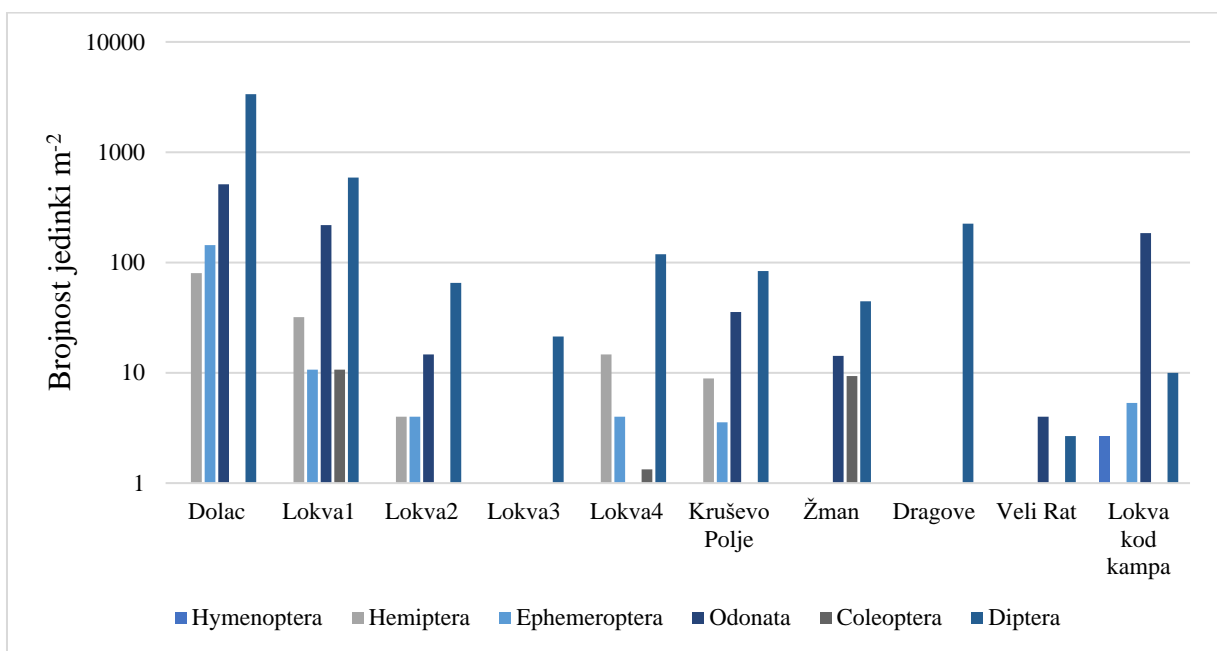
U rujnu je zbog presušivanja obrađeno manje lokvi, no u makrozoobentosu i dalje prevladavaju planktonski račići, pretežito rašljoticalci. Odnosi brojnosti u makrozoobentosu su ostali slični, no brojnost jedinki je smanjena u odnosu na svibanj. Zabilježena je veća raznolikost dvokrilaca sa porodicama Syrphidae, Culicidae i Ceratopogonidae koje nisu zabilježene u svibnju.



Slika 20. Brojnost jedinki makrozoobentosa po m² u istraživanom razdoblju.



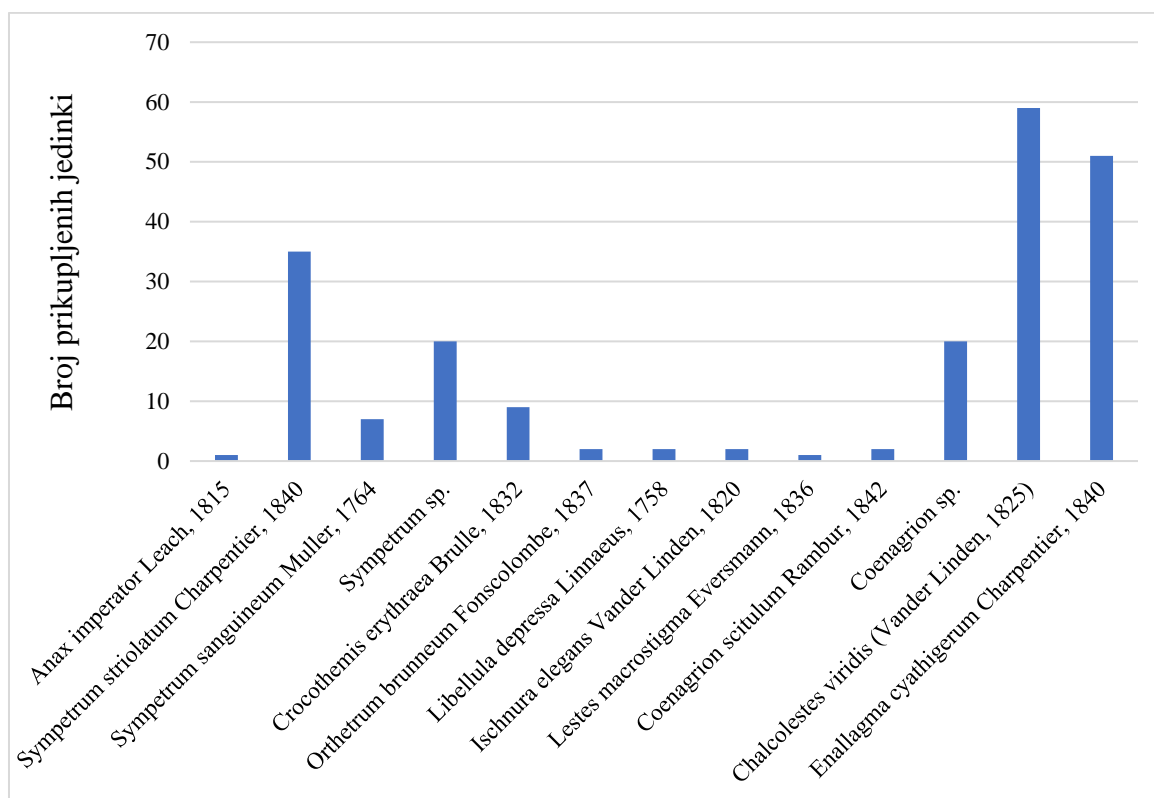
Slika 21. Brojnost dominantnih skupina makrozoobentosa.



Slika 22. Brojnost svojiti u zajednici kukaca.

Što se tiče kukaca, prevladavali su dvokrilci s 1049 jedinki od kojih su njih 720 bili trzalci (Slika 22). Od predatora, među kukcima su najbrojnija bila vretenca prikupljenih 376 jedinki; stjenice sa 24 i kornjaši sa 16 prikupljenih jedinki. Kornjaši uz vretenca predstavljaju vršne predatore osim u slučaju lokacije Žman gdje su nađene ribe vrste *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853). Svi prikupljeni vodencvijetovi pripadaju vrsti *Cloeon dipterum* (Linnaeus, 1761).

Na Dugom otoku sam skupio sveukupno 376 ličinki od 12 vrsta vretenaca, odnosno 984 po m² kada kvantificiramo uzorak. Od toga njih 135 spada u podred Zygoptera, a njih 241 u podred Anisoptera. Među vretencima, najbrojnija je vrsta *Sympetrum fonscolombi* sa 166 jedinki, dok je u podredu Zygoptera to vrsta *Chalcolestes viridis* (Vander Linden, 1825) sa 59 jedinki. *S. fonscolombi* je trostruko brojniji od iduće najbrojnije vrste, na slici 23 je prikazana zajednica bez *S. fonscolombi*.



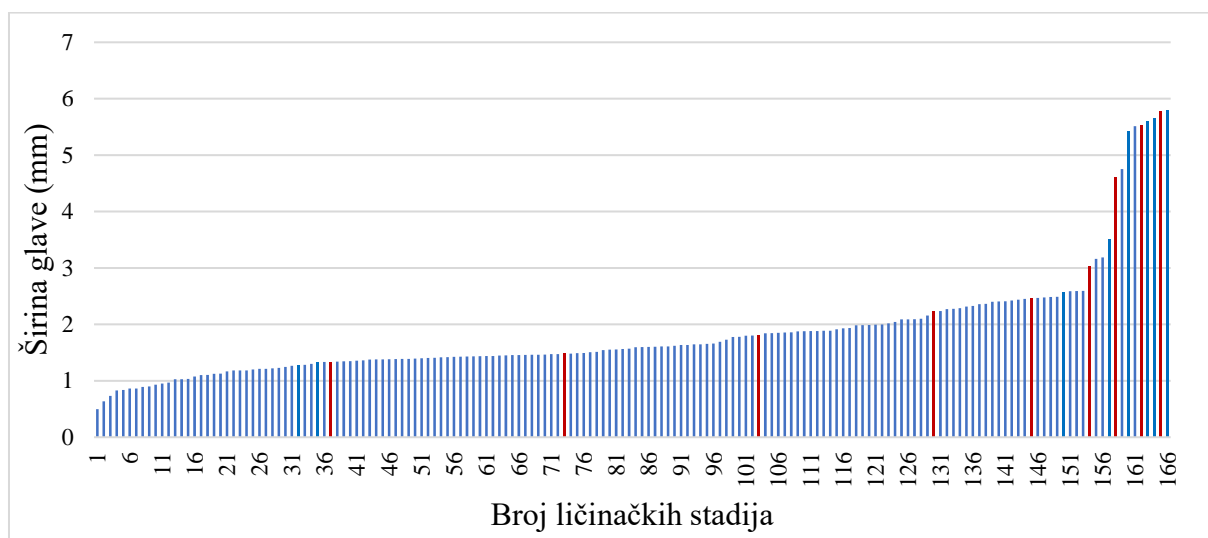
Slika 23. Ukupna brojnost vretenaca prikupljenih u istraživanim lokvama Dugog otoka.

5.3. Širine glava i masa jedinki

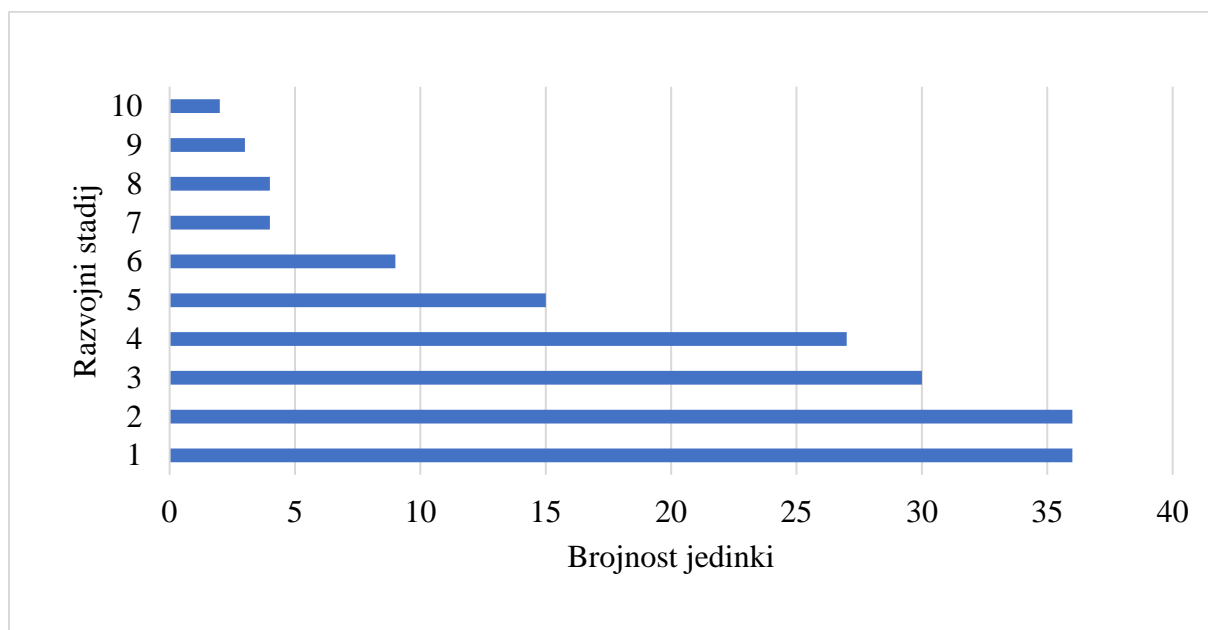
Tijekom svibnja i rujna 2017. te srpnja 2018. prikupio su jedinke vretenca *Sympetrum fonscolombi*. Budući da je odrasli stadij vretenca vrlo pokretan i lako može migrirati, sve jedinke prikupljene na Dugom otoku pripadaju istoj populaciji. Kako bih odredio uzrasnu strukturu navedene vrste svakoj jedinci sam izmjerio širinu glave. Scottovom formulom je određena količina uzrasnih stadija. Sveukupno, rast i razvoj ličinke vrste *S. fonscolombi* ima 13 stadija, no prikupljeni uzorci uključivali su njih 10 (Slika 25) (Tablica 4). Jedinke sam s obzirom na širinu glave podijelio po uzrasnim stadijima, te sam svakom stadiju izračunao prosječnu širinu glave. Gledajući od manjeg prema većem, svaki stadij uključuje jednako ili manje jedinki. Jedinke pokazuju blagi linearan rast, no tijekom 7. i 8. stadija dogodio se nagli eksponencijalni rast. (Slika 24).

Tablica 4. Donje granice uzrasnih stadija. (Gledajući od manjeg prema većem stadiju; svaka jedinka na granici bila je uključena u veći stadij od prethodnog.)

Granice stadija
1.336
1.481
1.806
2.225
2.463
3.026
4.602
5.521
5.821



Slika 24. Podjela ličinaka po uzrasnim stadijima vrste *S. fonscolumbei*. Crvene linije označavaju donju granicu stadija.

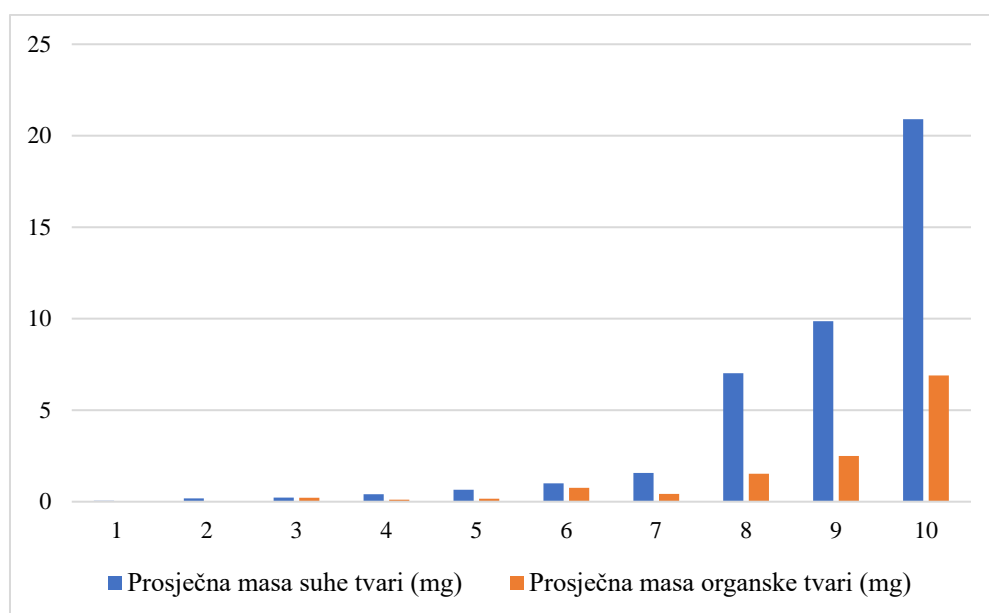


Slika 25. Količina jedinki po uzrasnom stadiju.

Podjelom jedinki u uzrasne stadije, odredio sam skupine kojima sam izmjerio zajedničku suhu i spaljenu masu, te sam njihovom razlikom određena masa organske tvari (Tablica 5).

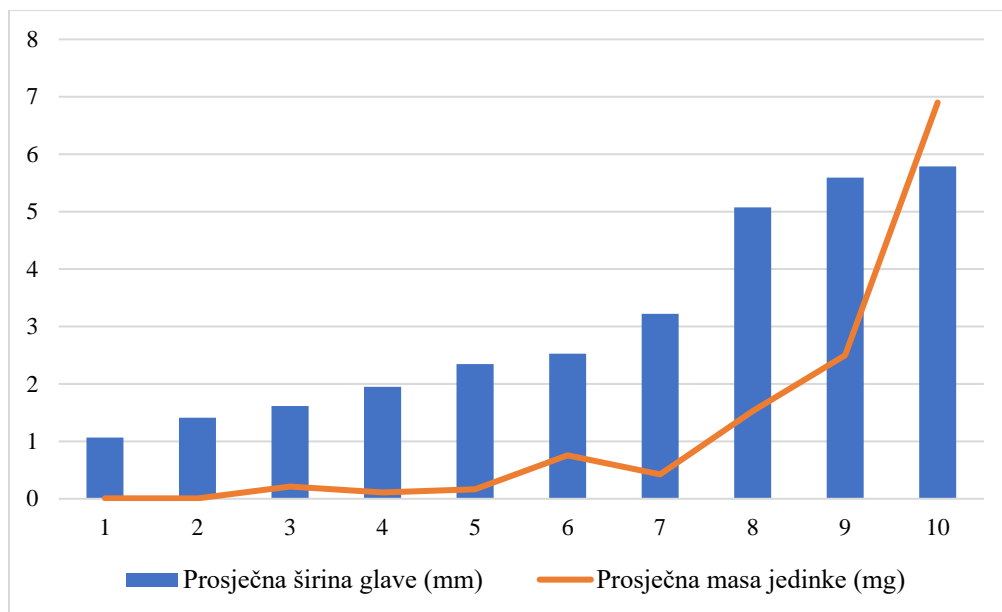
Tablica 5. Prosječna masa suhe i organske tvari po stadiju.

Razvojni stadij	Prosječna masa suhe tvari (mg)	Prosječna masa organske tvari (mg)
1	0.047	0.008
2	0.181	0.008
3	0.223	0.213
4	0.407	0.111
5	0.653	0.167
6	1.000	0.756
7	1.575	0.425
8	7.025	1.525
9	9.867	2.500
10	20.900	6.900



Slika 26. Odnos prosječne suhe mase i mase organske tvari po stadiju.

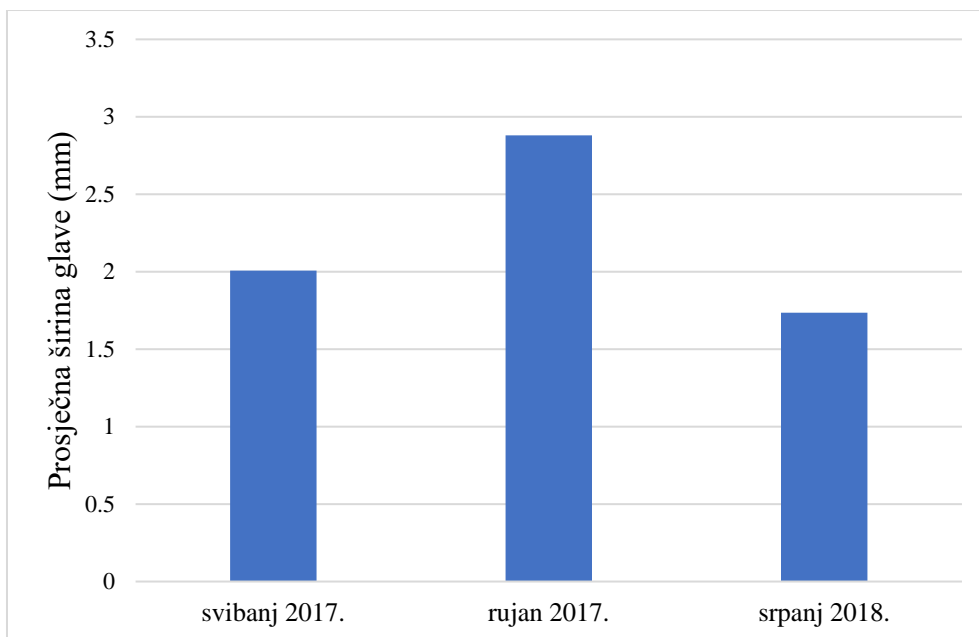
Usporedbom mase suhe i organske tvari, uočio sam kako je u 5. fazi masa organske tvari povišena u odnosu na suhu. To se prepoznaje i u odnosu mase jedinke (organske tvari) i širine glave gdje 5. stadij ima blagi skok, a masa suhe tvari podjednako eksponencijalno raste (Slika 26 i 27).



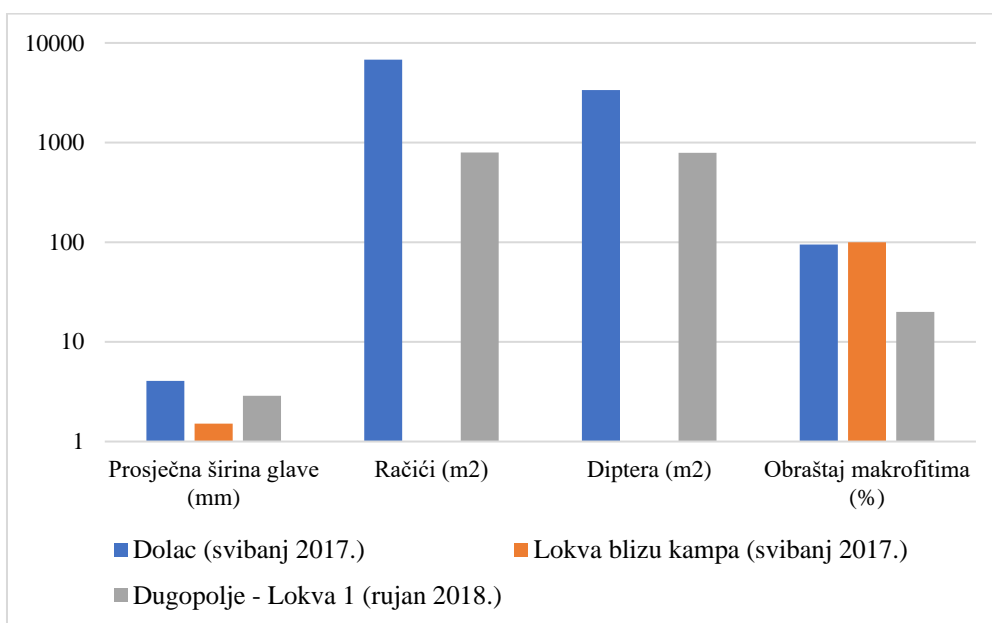
Slika 27. Prikaz odnosa prosječne širine glave jedinke i njegove mase.

Dok širina glave raste polagano i linearno izuzev 7. i 8. stadija kada je rast eksponencijalan, kod rasta mase to nije slučaj. Masa raste polagano, gotovo zanemarivo do 5. stadija gdje se vidi rast, popraćen manjim padom. U 7. stadiju masa pokazuje rast, što odgovara rastu širine glave. Najveći rast mase je zabilježen u 9. stadiju, dok je tada rast širine glave ponovno blag, gotovo zanemariv u odnosu na rast mase (Slika 27).

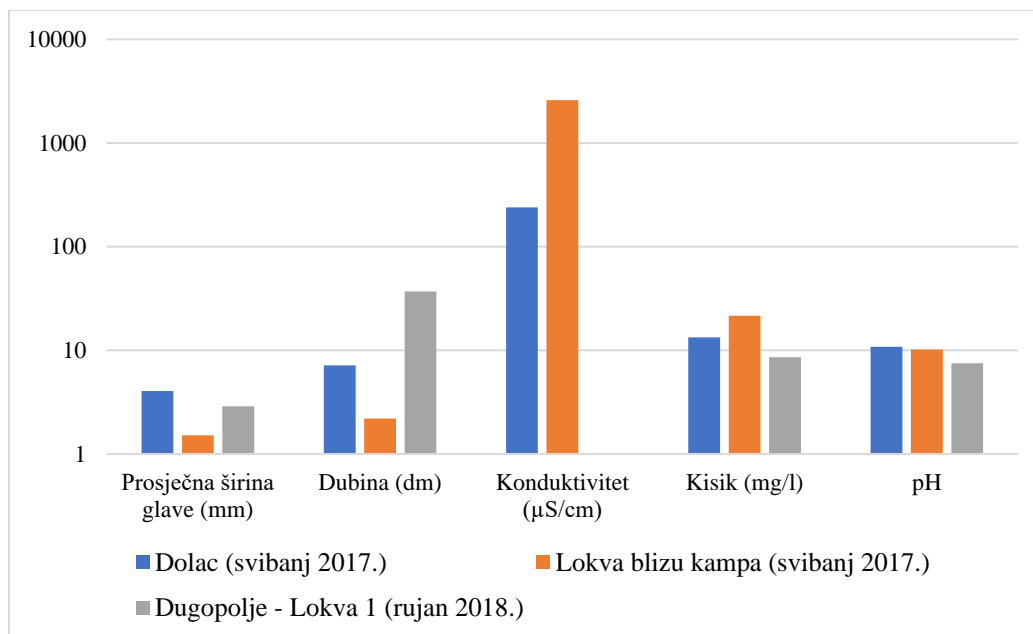
U odnosu na godišnja doba, širina glave je bila najdulja pred jesen (rujan 2017.), a najmanja na ljeto (srpanj 2018.) (Slika 28). No, kada se napravi podjela po lokacijama jedinke *S. fonscolombi* sa Dolca odstupaju od jedinki sa ostale dvije lokacije gdje je nađen. Stoga sam napravio usporedbu veličine po godišnjim dobima i lokacijama kako bih prepoznao potencijalni uzročnik razlike u rastu (Slika 29 i 30).



Slika 28. Prosječna veličina glave vrste *S. fonscolombi* s obzirom na datum prikupljanja.



Slika 29. Odnos širine glava vrste *S. fonscolombi* s obzirom na količinu potencijalnog plijena u zajednici makrozoobentosa i obraštajem makrofita po lokaciji.



Slika 30. Odnos širine glava vrste *S. fonscolombe* s obzirom na fizikalno-kemijske uvjete.

Prosječno najveće jedinice vretenaca (širine glave 4.05mm) nalazile su se na lokaciji Dolac gdje su pronađene najveće količine ličinaka dvokrilaca (3360 jedinki po m²) i planktonskih račića (6784 jedinki po m²). Vretenca srednjih veličina su zabilježena na lokaciji Dugopolje – Lokva 1, gdje su također pronađeni dvokrilci i rakušci. Najmanja vretenca su zabilježena na lokaciji Lokva kod kampa u kojoj nije pronađena niti jedna od dvije istaknute skupine (Slika 30).

6. RASPRAVA

Mediteranske lokve Dugog otoka se vjerojatno mogu definirati kao polimiktička jezera. Plitke su, i često velike površine u odnosu na dubinu. Velika površina omogućava brzo isparavanje i jaku osunčanost, a zbog male dubine svjetlost nerijetko prodire do dna. Kao vodena tijela malog kapaciteta bez vlastitog izvora vode osim oborina, vrlo su osjetljive na vremenske uvjete (Ikebuchi i sur. 1988.). Pokazatelj toga su razlike u stanju lokvi u svibnju i u rujnu 2017. U rujnu 2017. u odnosu na svibanj lokve su imale ekstremno izmijenjene razine vode. Neke su presušile ili gotovo presušile, dok su druge bile po nekoliko puta dublje u odnosu na svibanj. Pretpostavlja se kako su razlog za to lokalizirane padaline prije ponovnog prikupljanja uzoraka. Rujan 2017. je mjesec kada je u Zadru zabilježeno najviše kiše u povijesti mjerenja (DHMZ).

Budući da su sve lokve na karbonatnoj podlozi, zabilježene pH vrijednosti bile su bazične. Padalinama kiša postane zasićena CO₂ i pada izravno u lokvu ili njenu okolinu, pa se procjeđuje. Ugljikov dioksid s vodom tvori ugljičnu kiselinu (H₂CO₃), no procjeđivanjem kroz vapnenac ili dolomit kiselina otapa stijenu. Time krš djeluje kao pufer koji ne dopušta pad pH (Wurts i Durborow 1992.; Wurts 2003.). Osim karbonatne podloge, za visok pH su vjerojatno zaslužni i autotrofi zastupljeni u lokvama (Christensen 2005.). Fotosintezom se također povećava pH. Fotosintetski organizmi evakuiraju CO₂ iz vode (Wurts 2003.). Svaka lokva obraštena makrofitima ili algama imala je minimalni pH 9.9. Velika potrošnja ugljikovog dioksida fotosintezom znači i veliku proizvodnju kisika. Iz tog razloga nije neobično da lokve s gustim obraštajem imaju najviše koncentracije kisika.

Kisik i njegova koncentracija su vrlo važni elementi u ekosustavu. Viša koncentracija kisika može značiti manje organsko opterećenje iliti zagađenje (Bottino 2013.). Također, ne odgovara svim organizmima jednaka koncentracija kisika jer je za neke organizme previsoka koncentracija toksična (Rose i Crumpton 1996.). Važno je napomenuti kako se mediteranske lokve pune kisikom iz fotosinteze, odnosno makrofita i algi, jer su stajačice kod kojih se to ne može odvijati fizičkim miješanjem (slapovi i slične turbulencije). U mediteranskim lokvama, osim makrofita, za koncentraciju kisika važni su temperatura i riparijska vegetacija. Riparijska vegetacija može priječiti put sunčanim zrakama i energiji koja dolazi do makrofita, a potrebna je za fotosintezu (Rose i Crumpton 1996.).

Temperatura smanjuje kapacitet vode za otopljeni kisik, ali ubrzava biološke procese. To je dvostrano djelovanje, jer ubrzavanje bioloških procesa može značiti brže raspadanje i potrošnju kisika (Passerini i sur. 2016.). Dobar primjer za takav utjecaj temperature su lokve na Dugopolju. Kod svih tih lokvi je zabilježena slična temperatura, no koncentracije kisika odstupaju. Naime, u Lokvi 4 je nađena velika količina detritusa na dnu, dok je Lokva 3 bila nedavno iskopana i u potpunosti zamučena što je vjerojatno rezultat nestabilne obale i ispiranja tla. Lokve 1 i 2 su imale blagu obalu i u njima su bili zastupljeni makrofiti i alge. Također, u njima je zabilježena visoka koncentracija kisika, dok su u Lokvama 3 i 4 koncentracije kisika bile puno niže. Logično je za zaključiti, ako su svi ostali uvjeti jednaki, kako će temperatura rasti sa osunčanošću. To je prikazano na lokvama Dolac i Kruševo polje koje su plitke i nimalo zasjenjene, te su imale temperaturu oko 29 °C što je daleko iznad tadašnjeg prosjeka (22.5 °C). Na žalost, nije bilježeno doba dana kada su informacije o lokvama prikupljane, jer temperatura vjerojatno ovisi upravo o tome.

Električna provodljivost lokvi na Dugom otoku je prosječna, odnosno voda u njima je slatka osim ako lokve nisu neposredno uz more. Provodljivost prikazuje količinu otopljenih soli, odnosno iona u vodi, te time može prikazati povišen salinitet. Prilikom uzorkovanja, jedina lokva koja je imala povišeni salinitet bila je Lokva kod kampa. Obiđeno je još nekoliko lokvi koje su neposredno uz more i sve su pokazale slične karakteristike. Okružene su Oštrim sitom i okružuju ih brojna vretenca roda *Sympetrum*. Uzrok njihovog saliniteta je blizina mora iz kojega se ono procjeđuje u lokvu kroz vodopropusni krš. Također, koncentracija saliniteta se održava velikim isparavanjem vode iz lokvi (Al-Shammiri 2002.). Razina saliniteta u lokvi je važan element jer ima utjecaj na raznolikost i brojnost zajednice. Nekada je raznolikost smanjena upravo iz razloga što je povišeni salinitet toksičan za određene vrste, dok s druge strane, može povećati brojnost određenih vrsti uklanjanjem njihovih predatora ili kompetitora iz zajednice (Waterkeyn i sur. 2010.; Anton-Pardo, Armengol 2012.).

Makrozoobentos lokvi Dugog otoka je raznolik poput uvjeta koji u njima vladaju. Lokacija na kojoj je prikupljeno najviše svojiti je Dugopolje, dok je Lokva 1 najbogatija svojitama među obrađenim lokvama. Kroz razdoblje dok su prikupljeni uzorci, stanje Lokve 1 na Dugopolju najmanje se mijenjalo u usporedbi s ostalim obrađenim lokvama. Stabilnost uvjeta je glavni uzrok velike raznolikosti. Uz to, u rujnu je cijela dolina bila je prekrivena slojem vode što omogućava svojitama koje ne emergiraju nesmetanu migraciju između lokvi (Florencio i sur. 2010.). Ako pogledamo brojnost jedinki, lokva Dolac ima najviše jedinki po m². Nakon toga ju prate Lokva kod kampa i Lokva 1 na Dugopolju. Lokva Dolac je bila izrazito povišenog

vodostaja u rujnu u odnosu na svibanj, a Lokva kod kampa je bila suha tokom srpnja 2018. Dodatan razlog za bogatstvo svojti može se naći u velikoj količini makrofita zastupljenoj u Dolcu i Lokvi kod kampa, salinitetu Lokve kod kampa, ili stabilnosti uvjeta u Lokvi 1 na Dugopolju.

U zajednici makrozoobentosa najbrojniji su bili račići koji inače žive kao plankton. Nije neobično da smo ih nalazili u pridненоj zajednici jer je većina lokvi ispunjena makrofitima koji račićima pružaju zaklon i ponekim vrstama hranu (Donk 2002.). Prilagodbe koje povezuju planktonske račiće i makrofite, te im daju prednost u presušnim lokvama su brza kolonizacija i rast populacije, te jajašca koja preživljavaju sušu (Vari 2013.). Stoga se obnavljanje njihove zajednice u presušenoj lokvi odvija neposredno nakon dolaska vode.

Od kukaca, najbrojniji su bili trzalci koji se većinom hrane raspadajućom organskom tvari (Ivković i sur. 2015.) koje u lokvama zbog čestih sukcesija ima u izobilju. Makrofiti i detritus trzalcima služe kao zaklon, a mogu im služiti kao i hrana. Naime, trzalci se osim detritusom mogu hraniti i makrofitima nakon što krenu odumirati, te postanu dio detritusa. Navedenim procesom, kao i otpadanjem biljnog materijala sa vegetacije koja okružuje lokve, lokve se pune organskom tvari (Pereyra-Ramos 1981.). Jedna od posljedica toga je velika količina trzalaca koji svim predatorima nađenima u lokvama Dugog otoka služe kao hrana.

Od predatora su zabilježene stjenice, kornjaši, vretenca i ribe. Jedina lokacija u kojoj su nađene ribe je jezero Žman, a radi se o vrsti *Gambusia affinis*. To je dokaz kako je ta lokacija trajno popunjena vodom. Kornjaši i stjenice nađeni su u Dolcu, lokvama na Dugopolju, Žmanu i Kruševom polju, dok su vretenca najraširenija, te su zabilježena u 7 od 10 obrađenih lokvi. Važno je napomenuti kako je lokva Dragove jedna od lokvi u kojoj nisam našao ličinke vretenaca, no neposredno uz nju su nađeni brojni svlakovi porodice Aeshnidae. Iako su vretenca nađena tijekom sva tri uzorkovanja, odnosno proljeće, ljeto i ranu jesen, jedina jedinka porodice Aeshnidae - *Anax imperator* nađena je u svibnju 2017. Svlakovi nam dokazuju prisutnost njihovih ličinaka, no njihov manjak u makrozoobentosu znači da su sve jedinke već emergirale. Stjenice, kornjaši i vretenca su dobro izučavani predatori u zajednicama makrozoobentosa, te su, kao i njihov plijen, svojom brзом kolonizacijom dobro prilagođeni staništima koja presušuju (Weir 1969.). Stjenice i kornjaši za svoj plijen najčešće biraju trzalce (Bay 1974.), dok vretenca uz trzalce konzumiraju sve što svojim čeljustima mogu uhvatiti. Plijen porodica kao što su Aeshnidae i Libellulidae se često razlikuju jer je čeljust prvih prilagođena za veći plijen, a čeljust potonjih za manji (Rebora i sur. 2010.).

Dominacija vretenaca među predatorima u lokvama može se prikazati njihovom brojnošću i veličinom. Uz njih, na vrhu hranidbene mreže slatkovodnih lokvi nalaze se kornjaši, no ličinke kornjaša su često plijen ličinaka podreda Anisoptera (Pritchard 1964.). Pritisak na zajednicu makrozoobentosa mogu vršiti ribe ako su prisutne. Njihovo djelovanje smanjuje brojnost i raznolikost beskralježnjaka (De Lange i sur. 2004.). Uz prisutnost riba, najveća promjena osjeti upravo u zajednici predatora, jer onoliko koliko im brojnost smanjuju ribe, toliko vrše pritisak na ostatak zajednice makrozoobentosa (Thorp i Bergey 1981.).

Među vretencima, najbrojniji je rod *Sympetrum*, a među njima vrsta *Sympetrum fonscolombi*. Determinacija ličinaka vretenaca kompliciranija je od determinacije odraslih stadija. Razlog tome je što se kod odraslih stadija lakše uočavaju razlike između venacije krila, oblika toraksa, boje tijela i diferenciranih spolnih nastavaka. Kod ličinaka se gleda oblik glave i očiju, krinka, te prisutnost, oblik i veličina lateralnih i distalnih posteriornih izraslina na zatku. Otegotna okolnost su razvojni stadiji ličinke. Ključevi uz pomoć kojih sam determinirao izrađeni su za determinaciju svlakova koji predstavljaju zadnju fazu razvoja ličinke, te su im do tada sva determinacijska svojstva izrasla i prepoznatljiva su. Ukoliko su jedinke bile u ranijim stadijima života, utoliko su im determinacijska svojstva bila manje izražena i prepoznatljiva. Unatoč tome, upute eksperta, brojni ključevi, zastupljenost determiniranih vrsta unutar već određenih areala i slaganje uvjeta u kojima su živjele prikupljene jedinke sa ekološkom nišom vrsta osiguravaju visoku točnost determinacije.

Na taj način sam došao do 167 neoštećenih jedinki vrste *S. fonscolombi*. Kako bih odredio veličinu jedinki, za dimenziju sam koristio širinu glave (Waringer 1983.). Najveće jedinke su prikupljene u ranu jesen, ali najmanje na ljeto, što nam govori kako prosječna veličina jedinki ne raste kako prolazi godina. To može biti iz raznih razloga. Presušne lokve predstavljaju odlično stanište za navedenu vrstu vretenca, te ako su uvjeti optimalni, vrsta može biti multivoltna i davati do čak 5 generacija na godinu (Corbet 1999.). S druge strane fizikalno-kemijski uvjeti, dostupnost hrane i zaklona razlikovali su se od lokve do lokve, a to uvelike utječe na rast i razvoj jajeta kao i ličinke, te određuje kondiciju jedinke (Anholt 1990.). Brzinu rasta ličinke je teško odrediti jer paralelno u lokvi raste puno faza (Shuling i sur. 2004.). Stoga sam gledao odnos veličine i mase.

Veličina jedinki, odnosno njihova širina glave kretala se od 0.496 do 5.792 mm. S obzirom na količinu jedinki i njihovu veličinu, profesor Pavel Beracko je Scottovom formulom odredio ukupni broj uzrasnih stadija *S. fonscolombi* te zaključio kako ta vrsta sveukupno ima 13 uzrasnih stadija. Budući da većina istraživanja govore o maksimalno 12 razvojnih stadija

unutar roda *Sympetrum*, možda je prvi od dobivenih 13 stadija zapravo predlarvalni stadij (Waringer 1983.). Nadalje, u prikupljenim uzorcima, određeno je samo 10 stadija, najveći i najmanji stadij nisu bili u uzorcima. Uzrok tome može biti trenutak u kojemu su uzorci prikupljeni, nakon izlijeganja iz jajeta i nakon prvog presvlačenja što se tiče nedostatka prvog uzrasnog stadija i nakon emergencije zadnjeg stadija. Dobar primjer za manjkavost jedinki u uzorku, a zabilježena prisutnost su ranije spomenuti svlakovi porodice Aeshnidae.

Pomoću tih informacija, ličinke su podijeljene u uzrasne stadije. Količina jedinki po stadiju pada što su jedinke starije. Razlog tome su razni negativni utjecaji u okolišu kao što su paraziti, predacija, manjak hrane, toksični utjecaj fiz-kem uvjeta i mnogi drugi koji uklanjaju jedinke iz zajednice (Marden 2000.; Braune 2001.). Rezultat toga je eksponencijalni pad u količini jedinki po uzrasnom stadiju. Kada to znamo, moramo obratiti pažnju na veličinu jedinki po stadiju, te možemo primijetiti kako je su granice između uzrasnih stadija strme, odnosno jedinka brzo poraste nakon presvlačenja, te zadržava veličinu do idućeg presvlačenja. Vjerojatni razlog tome je potencijal za rast koji jedinci pruža manjak čvrstog egzoskeleta. Nakon što smo odredili veličinske kategorije, možemo odrediti njihove mase.

Masa prati rast jedinki, ali kasni za dva uzrasna stadija. Dok se najveći rast jedinki odvio u 7. uzrasnom stadiju, kod što se mase tiče, to je 9. stadij. Također sam primijetio fluktuaciju u rastu mase organske tvari. Masa suhe tvari raste paralelno uz rast jedinke, no masa organske tvari poraste u 5. te odmah padne u 6. fazi. Razlog tome može biti smanjena dostupnost plijena (De Block 2005.). Dok razlog za nekonzistentne razlike u masama tijekom godišnjih doba može biti multivoltnost, vidi se povezanost za određene uvjete u lokvama. Vretenca možemo svrstati u eurivalentne vrste, što se vidi iz priloženih rezultata jer nije uočljiva velika razlika u količini i rastu jedinki s obzirom na fizikalno-kemijske uvjete. S druge strane, ako usporedimo količinu i veličinu jedinki sa količinom dostupnog plijena i gustoćom makrofita, vidimo proporcionalnu povezanost.

7. ZAKLJUČAK

U ovom sam radu usporedio sastav i brojnost zajednice makrozoobentosa, odredio ulogu određenih svojti odnosno prikazao njihovu dominaciju i analizirao uzrasnu strukturu vrste *Sympetrum fonscolombi*.

Privremene mediteranske lokve ovise o vremenskim uvjetima koje određuju njihov hidroperiod, a time se mijenjaju uvjeti neophodni za opstanak zajednice makrozoobentosa. Uz navedene promjene, utjecaj na zajednicu makrozoobentosa imaju fizikalno-kemijski parametri lokvi, oblik, površina i dubina lokvi, zastupljenost makrofita i prisutnost riba.

Lokve Dugog otoka su većinom privremena staništa zbog čega u njima ne obitavaju ribe što beskralježnjake čini dominantnima. Zajednicu makrozoobentosa čini 18 svojti od kojih brojnošću dominiraju račići. Od kukaca su najzastupljeniji dvokrilci, a od grabežljivaca vretenca. Račići, dvokrilci i vretenca roda *Sympetrum* preferiraju lokve s razvijenim sastojinama makrofita jer im pružaju zaklon i povećavaju prostor gdje mogu obitavati. Time pripadaju istoj ekološkoj niši što je važno za vretenca koja kao plijen preferiraju upravo rakušce i ličinke dvokrilaca. Jedina svojta koja može vršiti pritisak na vretenca su kornjaši, no taj pritisak vrše samo na mlade ličinke.

Životni ciklus vrste *S. fonscolombi* na Dugom otoku uključuje 10 stadija. To sam utvrdio analizom širine glava te računanjem u Scottovoj formuli.

Rast jedinki je gotovo linearan do 7. stadija kada rast postaje izraženo eksponencijalan. Rast mase je blag i linearan do 9. stadija kada nastupa nagli rast mase koji traje do emergencije.

8. LITERATURA

ABBOT, J., C., 1999. Biodiversity of dragonflies and damselflies (odonata) of the south-central nearctic and adjacent neotropical biotic provinces. University of North Texas

AI-SHAMMIRI, M., 2002. Evaporation rate as a function of water salinity. *Desalination* 150: 189 - 203

ANHOLT, B., R., 1990. An experimental separation of interference and exploitative competition in a larval damselfly. *Ecology* 71: 1483 - 93

ANTON-PARDO, M., ARMENGOL, X., 2012. Effects of salinity and water temporality on zooplankton community in coastal Mediterranean ponds. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 114: 93 - 99

BAY, E., C., 1974. Predator -prey relationships among aquatic insects. *Annu. Rev. Entomol.* 19: 441 - 453

BAILEY, R., C., NORRIS, R., H., REYNOLDS, T., B., 2001. Taxonomic resolution of benthic macroinvertebrate communities in bioassessments. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 20: 280 - 286

BETHAN, V., P., THOMPSON, D., J., 2002. Voltinism and larval growth pattern in *Coenagrion mercuriale* (Odonata: Coenagrionidae) at its northern range margin. *Eur. J. Entomol.* 99: 11 - 18

BOTTINO, F., CALIJURI, M., C., MURPHY, K.J., 2013. Organic matter cycling in a neotropical reservoir: effects of temperature and experimental conditions. *Acta Limnol. Bras.* 25: 192 - 201.

BRAUNE, P., ROLFF, J., 2001. Parasitism and survival in a damselfly: Does host sex matter? *Proc. R. Soc. Lond. B* 268: 1133 - 37

BYBEEA, S., M., OGDEN, T., H., BRANHAM, M., A., WHITING, M., F., 2007. Molecules, morphology and fossils: a comprehensive approach to odonate phylogeny and the evolution of the odonate wing. *Cladistics* 24: 477 - 514

CARCHINI, G., 1983. A key to the Italian Odonate larvae. Utrecht

CASAS, J., TOJA, J., BONACHELA, S., FUENTES, F., GALLEGO, I., JUAN, M., LEON, D., PENALVER, P., PEREZ, C., SANCHEZ, P., 2010. Artificial ponds in a Mediterranean

region (Andalusia, southern Spain): agricultural and environmental issues. *Water Environ. J.* 25: 308 - 317

CHOVANEC, A., RAAB, R., 1997. Dragonflies (Insecta, Odonata) and the Ecological status of newly created wetlands – examples for Long-term bioindication programmes. *Limnologica* 27: 381 - 392

CHOVANEC, A., WARINGER, J., 2001. Ecological integrity of river–floodplain systems—assessment by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Regul. Riers: Res. Mgmt.* 17: 493 - 507

CHRISTENSEN, E., D., 2005. Assessments, water-quality trends, and options for remediation of acidic drainage from abandoned coal mines near Huntsville, Missouri, 2003-2004

CORBET, P., S., 1999. Dragonflies. Behaviour and ecology of Odonata. Harley Books, Colchester.

D'AMICO, F., DARBLADE, S., AVIGNON, S., BLANC-MANEL, S., ORMEROD, S., J., 2004. Odonates as Indicators of Shallow Lake Restoration by Liming: Comparing Adult and Larval Responses. *Restoration Ecol.* Vol. 12 No. 3, pp. 439 - 446

DE BLOCK, M., STOKS. R., 2005. Fitness effects from egg to reproduction: bridging the life history transition. *Ecology* 86: 185 - 97

DE LANGE, H., J., DE JONGE, J., DEN BESTEN, P., J., OOSTERBAAN, J., PEETERS, T., H., M., 2004. Sediment pollution and predation affect structure and production of benthic macroinvertebrate communities in the Rhine–Meuse delta, The Netherlands. *J. N. Amer. Benthol. Soc.* 23: 557 - 579.

DIMOPOULOS, P., BERGMEIER, E., FISCHER, P., 2014. Natura 2000 Habitat Types Of Greece Evaluated In The Light Of Distribution, Threat And Responsibility. *Biology and environment: proceedings of the royal irish academy* VOL. 106B, No. 3

DONK, E., BUND, W., J., 2002. Impact of submerged macrophytes including charophytes on phyto- and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms. *Aquatic Botany* 72: 261 - 274

DONOHUE, I., IRVINE, K., 2004. Seasonal patterns of sediment loading and benthic invertebrate community dynamics in Lake Tanganyika, Africa. *Freshwater Biol.* 49: 302 - 331

- FLORENCIO, M., DIAZ-PANIAGUA, C., SERRANO, L., BILTON, D., T., 2010. Spatio-temporal nested patterns in macroinvertebrate assemblages across a pond network with a wide hydroperiod range. *Oecologia* 166: 469 - 483
- FLORENCIO, M., SERRANO, C., GOMEZ-RODRIGUEZ, C., MILLAN, A., DIAZ-PANIAGUA, C., 2009. Inter and intra-annual variations of macroinvertebrate assemblages are related to the hydroperiod in Mediterranean temporary ponds. *Hydrobiologia* 634: 167 - 183
- FOOTE, A., L., RICE HORNING, C., L., 2005. Odonates as biological indicators of grazing effects on Canadian prairie wetlands. *Ecol. Entomol.* 30: 273 - 283
- GERKEN, B., STERNBERG, K., 1999. Die exuvien Europäischer Libellen (Insecta Odonata). Hoxter.
- GLEASON, R., A., EULISS, N., H., HUBBARD, D., E., DUFFY, W., G., 2003. Effects of sediment load on emergence of aquatic invertebrates and plants from wetland soil egg and seed banks. *Wetlands*, 23: 26 - 34.
- IKEBUCHI, S., SEKI, M., OHTOH, A., 1988. Evaporation from lake Biwa. *J. Hydrol.* 102: 427 - 449
- IVKOVIĆ, M., MILIŠA, M., BARANOV, V., MIHALJEVIĆ, Z., 2015. Environmental drivers of biotic traits and phenology patterns of Diptera assemblages in karst springs: The role of canopy uncovered. *Limnologica* 54: 44 - 57
- JAMES L. CARTER, J., L., RESH, V., H., HANNAFORD, M., J., MYERS, M., J., 2006. Macroinvertebrates as Biotic Indicators of Environmental Quality. *Methods in Stream Ecology*, Chapter 35
- JOHNSON, R., K., WIEDERHOLM, T., ROSENBERG, D., M., 1993. Freshwater Biomonitoring Using Individual Organisms, Populations, and Species Assemblages of Benthic Macroinvertebrates.
- KOHL, S., 1998. Anisoptera-Exuvien Europas, Bestimmungsschlüssel. 27
- KOTARAC, M., 1997. Atlas kačjih pastirjev (Odonata) Slovenije z Rdečim seznamom. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju. 205
- MAGAŠ, D., 2008. Geografske posebnosti razvitka malenih otoka. Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju

- MARDEN, J., H., ROWAN, B., 2000. Growth, differential survival, and shifting sex ratio of free-living *Libellula pulchella* (Odonata: Libellulidae) dragonflies during adult maturation. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 452 - 58
- MELAAS, C., L., ZIMMER, K., D., BUTLER, M., G., HANSON, M., A., 2001. Effects of rotenone on aquatic invertebrate communities in prairie wetlands. *Hydrobiologia*, 459: 177 - 186.
- MISOF, B., 2002. Diversity of Anisoptera (Odonata): Inferring speciation processes from patterns of morphological diversity. *Zoology* 105: 355 - 365
- MONROE, W., H., 1970. A Glossary of Karst Terminology. Geological survey. Library of Congress catalog-card No. 75: 607 - 530
- NICOLET, P., RUGGIERO, A., BIGGS, J., 2007. Second European Pond Workshop: Conservation of pond biodiversity in a changing European landscape. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.*, 43: 77 - 80.
- OERTLI, B., JOYE, D., A., CASTELLA, E., JUGE, R., CAMBIN, D., LACHAVANNE, J., B., 2002. Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biol. Conserv.*, 104: 59 - 70.
- PASSERINI, M., D., CUNHA-SANTINO, M., B., BIANCHINI JR., I., 2016. Oxygen availability and temperature as driving forces for decomposition of aquatic macrophytes. *Aquatic Botany* 130: 1 - 10
- PEREYRA-RAMOS, E., 1981. The ecological role of characeae in the lake littoral. - *Ekol. Polska* 29: 167 - 209.
- PRITCHARD, G., 1964. Prey capture by dragonfly larvae (odonata ; anisoptera). *Can. J. Zool.* Volume 43
- PRITCHARD, G., 1964. The prey of dragonfly larvae in ponds in northern Alberta. *Can. J Zool.* 42: 785 - 800
- REBORA. M., PIERSANTI, S., GAINO, E., 2010. Visual and mechanical cues used for prey detection by the larva of *Libellula depressa* (Odonata Libellulidae). *Ethol. Ecol. Evol.* 16: 133 - 144

- RESH, V., H., 2007. Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. *Environ. Monit. Assess.* 138: 131 - 138
- RESH, V., H., NORRIS, R., H., BARBOUR, M., T., 1995. Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates. *Aus. J. Ecol.* 20: 108 - 121
- ROSE, C., CRUMPTON, W., G., 1996. Effects of emergent macrophytes on dissolved oxygen dynamics in a prairie pothole wetland. *Wetlands*. Vol. 16. No. 4, pp. 495 - 502
- SAWCHYN, W., W., CHURCH, N., S., 1973. The effects of temperature and photoperiod on diapause development in the eggs of four species of *Testes* (Odonata: Zygoptera). *Can. J. Zool.* 51: 1257 - 1265.
- SOLIMINI, A., G., BELLA, V., D., BAZZANTI, M., 2005. Macroinvertebrate size spectra of Mediterranean ponds with differing hydroperiod length. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 15: 601 - 611
- STOKS, R., CORDOBA-AGUILAR, A., 2012. Evolutionary Ecology of Odonata: A Complex Life Cycle Perspective. *Annu. Rev. Entomol.* 57: 249 - 65
- SUHLING, F., SCHENK, K., PADEFFKE, T., MARTENS, A., 2004. A field study of larval development in a dragonfly assemblage in African desert ponds (Odonata). *Hydrobiologia* 528: 75 - 85
- TERZIĆ, J., 2007. Hidrogeologija jadranskih krških otoka. Hrvatska znanstvena bibliografija.
- THORP, J., H., BERGEY, E., A., 1981. Field experiments on responses of a freshwater, benthic macroinvertebrate community to vertebrate predators. *Ecology*, 62(2), pp. 365 - 375
- VARI, A., 2013. Colonisation by fragments in six common aquatic macrophyte species. *Fundam. Appl. Limnol.* Vol. 183/1 15 - 26
- WARINGER, J., 1983. A study on embryonic development and larval growth of *Sympetrum danae* (Sulzer) at two artificial ponds in Lower Austria (Anisoptera: Libellulidae). *Odonalologica* 12: 331 - 343
- WATERKEYN, A., VANSCHOENWINKEL, B., GRILLAS, P., BRENDONCKA, L., 2010. Effect of salinity on seasonal community patterns of Mediterranean temporary wetland crustaceans: A mesocosm study. *Limnol. Oceanogr.*, 55: 1712 - 1722

WEIR, I. S. 1969. Studies on central african pans: III. Fauna and physico-chemical environment of some ephemeral pools. *Hydrobiologia*, Bucharest 33: 93 - 116

WHITE, W., B., 2007. A brief history of karst hydrogeology: Contributions of the NSS. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 69, no. 1, p. 13 - 26.

WILLIAMS, D., D., 1996. Environmental constraints in temporary freshwaters and their consequences for the insect fauna. *Journal of the North American Benthological Society* 15: 634 - 650.

WURTS, W., A., 2003. Daily pH cycle and ammonia toxicity. *World Aquaculture*. June 2003

WURTS, W., A., DURBOROW R., M., 1992: Interactions of pH, Carbon Dioxide, Alkalinity and Hardness in Fish Ponds. SRAC Publication No. 464

ZACHARIAS, I., DIMITRIOU, E., DEKKER, A., DORSMAN, E., 2007. Overview of temporary ponds in the Mediterranean region : Threats, management and conservation issues. *Journal of Environmental Biology*, 28: 1 - 9

9. ŽIVOTOPIS

U Dugoj Resi sam upisao osnovnu školu koju sam završio 2007. nakon čega sam upisao Opću gimnaziju koju sam završio 2011. Iste godine upisujem smjer Znanosti o okolišu na Biološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Preddiplomski studij sam završio 2016. godine, te sam iste godine na istom fakultetu upisao Diplomski studij ekologije i zaštite prirode.

Tijekom studiranja, aktivno sam sudjelovao u radu Udruge BIUS, radio sam na izolaciji makrozoobentosa, volontirao na projektu MetaSUB i bio demonstrator na 3 različita predmeta. Odlično govorim i pišem engleski jezik te imam osnovno razumijevanje njemačkog i španjolskog.