

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Antonio Castelicchio

**Analiza sezonskih promjena sastava faune u Šibenskom
akvatoriju u uvali Martinska korištenjem stacionarne podvodne
video kamere**

Diplomski rad

Petar Kurošić



Zagreb, 2022.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Analiza sezonskih promjena sastava faune u Šibenskom akvatoriju u uvali Martinska korištenjem stacionarne podvodne video kamere Antonio Castelicchio

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Napredak u informatičkoj tehnologiji i dostupnost elektroničke opreme razlog su sve češće primjene podvodnih kamera u istraživanju morske faune. Ovi razlozi omogućuju provođenje kontinuiranog monitoringa i bolje razumijevanje funkcioniranja morskog okoliša. U ovom istraživanju je analizom podvodnih fotografija prikupljenih metodom video monitoringa na lokaciji ekološke mreže Natura 2000 (Ušće Krke - HR3000171) praćena sezonska prisutnost i učestalost pojavljivanja morske faune tijekom siječnja, travnja, srpnja i listopada 2019. godine. Sve podvodne fotografije prikupljane su dnevno od izlaska do zalaska sunca pri čemu su determinirane 54 vrste morske faune zastupljene s 55612 jedinki. Od svih zabilježenih vrsta, najzastupljenije su bile ribe s udjelom od 82 % u odnosu na ostale vrste. Osim ihtiofaune, zabilježeni su morski vranac (*Phalacrocorax aristotelis*), glavata želva (*Caretta caretta*) te nekoliko vrsta beskralješnjaka (dvije vrste morskih zvjezdaca, tri vrste glavonožaca, jedna vrsta raka i jedan školjkaš). Zastupljenost gospodarski važnih vrsta iznosila je 72 %. Analiza kanoničke korespondencije (CCA) ukazuje na izraženu sezonalnost pojavljivanja nekih vrsta (posebno roda *Spicara* i brancina, *Dicentrarchus labrax*) što može bit povezano s njihovim etološkim značajkama, prehranom i mrijestom. Rezultati ovoga rada doprinose boljem poznavanju bioraznolikosti istraživanog ekosustava te mogu poslužiti za definiranje smjernica budućeg plana upravljanja ovim važnim područjem ekološke mreže Natura 2000.

(47 stranica, 16 slika, 1 tablica 103 literaturnih navoda, 1 prilog, jezik izvornika: hrvatski)
Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: podvodna video kamera, bioraznolikost, Natura 2000, monitoring

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Ana Gavrilović
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Petar Kružić

Ocjenitelji:

Rad prihvaćen: (navesti datum sjednice Povjerenstva za diplomске radove na kojoj je rad prihvaćen)

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master Thesis

Analysis of seasonal changes in the composition of marine fauna in Martinska cove

Antonio Castelicchio

Rooseveltovo trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Advances in IT (information technology) and the availability of electronic equipment are the reason for the increasing adoption of underwater cameras in marine fauna research. The listed reasons allow continuous monitoring and a better understanding of the functioning of the marine environment. In this study collected underwater images in the Krka estuary (Natura 2000 locality - HR3000171) were analyzed. Monitoring of the seasonal presence and frequency of occurrence of marine fauna was performed during January, April, July and October of 2019. All underwater images were collected daily from sunrise to sunset, where 54 species of marine fauna represented by 55,612 individuals were determined. Among all the recorded species, the most abundant were fish (82 % in regard to others). Additionally to the ichthyofauna, shag (*Phalacrocorax aristotelis*), loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) and several species of invertebrates (two species of starfish, three species of cephalopods, one crustacean and one bivalve mollusc) were recorded. Economically important species represented 72 % of all species. The canonical correspondence analysis (CCA) indicates a pronounced seasonal appearance of some species (especially noticed in the species of the genus *Spicara* and the European sea bass, *Dicentrarchus labrax*) which may be related to their ethological properties, feeding and spawning. The results of this work may contribute to a better understanding of the ecosystem biodiversity of the studied area and can serve to define the guidelines for the future management plan of this important area of the Natura 2000 ecological network.

(47 pages, 16 figures, 1 table, 103 references, 1 appendix, original in: Croatian)
Thesis is deposited in Central Biological Library.

Keywords: underwater video camera, biodiversity, Natura 2000, monitoring

Supervisor: Assoc. Prof. Ana Gavrilović

Co-supervisor: Assoc. Prof. Petar Kružić

Reviewers:

Thesis accepted:

Zahvale

Iznimnu zahvalnost želio bih izraziti svojoj mentorici, izv. prof. dr. sc. Ani Gavrilović koja je uvijek izdvajala vremena kada mi je bila potrebna pomoć i unatoč svim problemima, uvijek pronašla put ka uspjehu. Želio bih joj se zahvaliti za svu pomoć pri pisanju ovog rada i svim danim savjetima tijekom mog školovanja.

Moj drugi mentor, izv. prof. dr. sc. Petar Kružić također ima moje najveće zahvale zbog stručnih savjeta, izvrsnih predavanja na diplomskom studiju i odgovaranju na moje upite u kasnim nedjeljnim satima.

Želio bih se zahvaliti kolegi Oliveru Bariću, kolegici Martini Gelli i dr. sc. Nevenu Iveši koji su mi neumorno pomagali savjetima u bilo koje doba dana i noći te na njihovom prijateljstvu i strpljenju.

Zahvalio bih se i svim kolegama koje sam upoznao tijekom školovanja te koji su mi doveli puno sreće i smijeha, ali i dugotrajnih prijateljstva u život.

Kao šlag na kraju, najveću zahvalnost izražavam svojim roditeljima, koji su uvijek vjerovali u moj uspjeh, ohrabivali me, savjetovali te tješili u teškim trenucima.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Primjena podvodnog video-monitoringa za praćenje stanja morskog ekosustava	1
1.2. Zakonska regulativa vezana za praćenje stanja morskog ekosustava	1
1.3. Značaj monitoringa Natura 2000 područja na primjeru uvale Martinska	2
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	6
3. MATERIJALI I METODE	7
3.1. Područje istraživanja	7
3.2. Postupak provedbe istraživanja	7
3.3. Shannon-Wiener indeks bioraznolikosti	9
3.4. Statistička obrada podataka	10
4. REZULTATI	11
4.1. Temperatura, salinitet i razina mora	11
4.2. Sastav morske faune u uvali Martinska	13
4.2.1. <i>Sastav morske faune u uvali Martinska u siječnju 2019.</i>	17
4.2.2. <i>Sastav morske faune u uvali Martinska u travnju 2019.</i>	17
4.2.3. <i>Sastav morske faune u uvali Martinska u srpnju 2019.</i>	20
4.2.4. <i>Sastav morske faune u uvali Martinska u listopadu 2019.</i>	20
4.3. Bioraznolikost morske faune u uvali Martinska	23
4.4. Odnos između istraživanih ekoloških čimbenika i sezonske strukture morske faune	24
5. RASPRAVA	27
6. ZAKLJUČCI	33
7. LITERATURA	34
8. PRILOG	43
9. ŽIVOTOPIS	46

1. UVOD

1.1. Primjena podvodnog video-monitoringa za praćenje stanja morskog ekosustava

Razumijevanje promjena u morskim ekosustavima ključno je za identifikaciju mogućih prijetnji očuvanju bioraznolikosti kao što su antropogene aktivnosti i klimatske promjene (Dornelas i sur., 2019). Praćenje stanja morske faune i kompletnog ekosustava značajno je i za opstanak gospodarskih djelatnosti, posebice ribarstva, što je često zapostavljeno (Costanza i sur., 1997). Usklađivanje ljudskih potreba za resursima i očuvanjem bioraznolikosti moguće je održivim upravljanjem utemeljenom na kvalitetnom monitoringu (Mallet i Pelletier, 2014).

Procjenom stanja populacija primjenom destruktivnih metoda uzorkovanja kao što su povlačni ribolovni alati i/ili mreže stajačice mogu se dobiti korisni podaci. Međutim, ovi su podaci često ograničeni selektivnošću alata (Mallet i Pelletier, 2014). Korištenje neinvazivnih tehnika omogućuje održivo i dugoročno praćenje, a napredak znanosti i novih tehnologija doprinio je razvitku metoda koje bi mogle upotpuniti dosad korištene. Jedna od takvih je provođenje video monitoringa stacionarnim kamerama (Rountree i sur., 2020; Mirimin i sur., 2021; Ruppert i sur., 2019; Zaiko i sur., 2018; Aguzzi i sur., 2020). Prednost ovih metoda predstavlja mogućnost frekventnog prikupljanja podataka (npr. sekunde ili sati) tijekom duljeg vremenskog razdoblja (Ruhl i sur., 2011). Zbog naglog razvitka i povećane dostupnosti elektroničke opreme na tržištu sve je češća upotreba različitih sustava podvodnih video kamera za istraživanje podmorja (Mallet i Pelletier, 2014). Na taj način može se steći detaljniji uvid u informacije o bihevioralnim karakteristikama te osigurati kvalitetnija procjena ribljih stokova. Ova vrsta monitoringa sve se više razvija i počinje uključivati multidisciplinarni pristup (Aguzzi i sur., 2020).

1.2. Zakonska regulativa vezana za praćenje stanja morskog ekosustava

U Hrvatskoj monitoring priobalnih područja skoro pa u potpunosti izostaje, iako je njegova obveza regulirana zakonskim propisima naročito kada su obuhvaćena ekološkom mrežom Natura 2000 (NN 127/19). Naime, od dana pristupa Europskoj uniji Republika Hrvatska mora ispunjavati obveze koje proizlaze iz Direktive o staništima (92/43/EZ) i Direktive o pticama (2009/147/EZ) iz kojih proizlazi obveza monitoringa vrsta i stanišnih tipova sukladno Članku 11. Direktive o

staništima. Iz toga proizlazi potreba za identifikacijom i praćenjem vrsta koje tamo obitavaju kao i za sakupljanje podataka o njihovim ekološkim značajkama što je ključno za interpretaciju funkcioniranja ekosustava (Bakran-Petricioli, 2011; Pusceddu i sur., 2007), ocjenu njegova stanja, izvještavanje prema Europskoj komisiji te održivo upravljanje i poduzimanje odgovarajućih mjera u slučaju ekoloških šteta. Osim EU Direktiva kojima su detaljno regulirane aktivnosti zaštite prirode vezane uz staništa i vrste te ptice, morska područja uključena su i regulirana Okvirnom Direktivom o morskoj strategiji (2008/56/EZ). To bi značilo da sve zemlje članice EU moraju poduzeti odgovarajuće mjere za postizanje ili održavanje dobrog stanja u morskom okolišu. Navedena Okvirna Direktiva predstavlja zakonodavni okvir koji povezuje razne djelatnosti i potiče uključivanje pitanja zaštite okoliša u njih (ribarstvo, poljoprivreda, turizam, pomorstvo i sl.). U načelu, radi se o skupu propisa koji pružaju opći okvir za usklađivanje mjera koje se trebaju poduzeti primjenjujući pritom „ekosustavni pristup upravljanja“ kao strateški pristup integriranom upravljanju morskim okolišem koji na uravnotežen način potiče očuvanje i iskorištavanje prirodnih resursa.

Odlukom Europske komisije 2017/848/EU o utvrđivanju kriterija i metodoloških standarda za dobro stanje okoliša morskih voda, monitoring i iz njega proizašlo izvješće osnovni je stručno-tehnički dokument u donošenju i ažuriranju svih elemenata morskih strategija. Kao i u slučaju Direktive o staništima i Direktive o pticama, svaka država članica dužna je periodički istekom perioda od šest godina podnijeti Europskoj komisiji izvješće u kojemu će se očitovati o ostvarenim ciljevima i poduzetim mjerama.

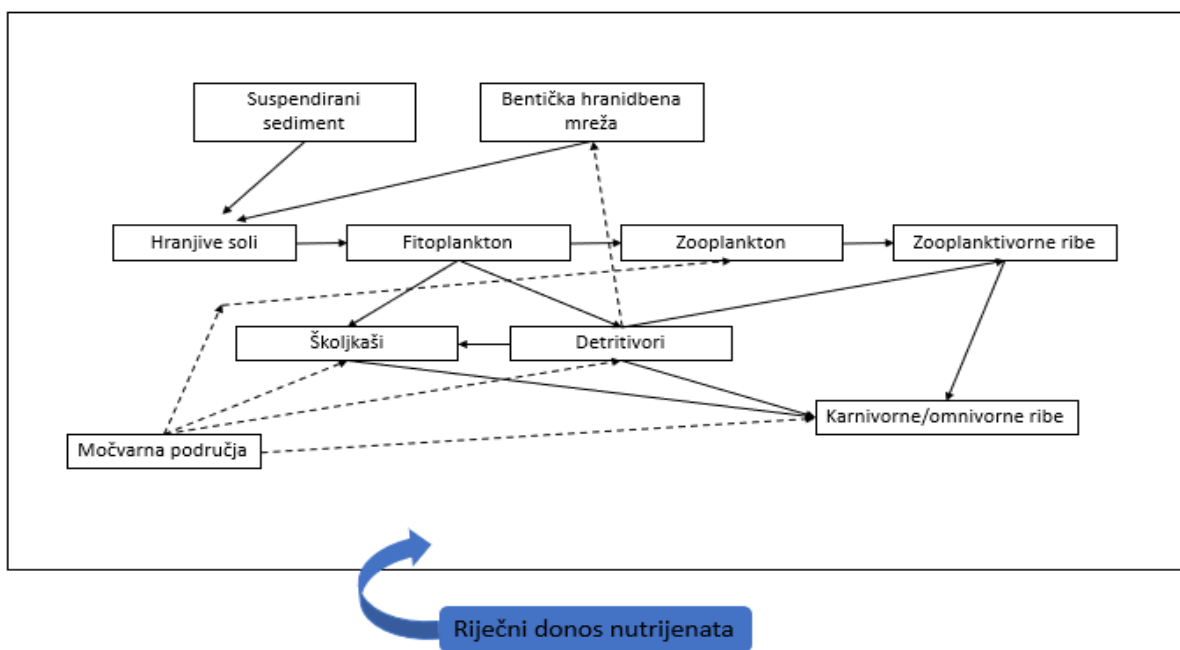
1.3. Značaj monitoringa Natura 2000 područja na primjeru uvale Martinska

Natura 2000 je koherentna europska ekološka mreža sastavljena od područja u kojima se nalaze prirodni stanišni tipovi i staništa divljih vrsta od interesa za Europsku uniju, a omogućuje očuvanje ili, kad je to potrebno, povrat u povoljno stanje određenih prirodnih stanišnih tipova i staništa vrsta u njihovu prirodnom području rasprostranjenosti. Uvala Martinska nalazi se na području ekološke mreže koja je zavedena pod kodom HR3000171 (Ušće Krke) koje zajedno s kopnenim dijelom obuhvaća površinu od 4423.8 hektara.

Prema EU Direktivi o staništima i Natura 2000 standardnoj formi podataka (<https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=HR3000171#3>), od staništa na tom se području nalaze tri prioriteta morskog staništa tipa (Annex 1. Direktive o staništima):

- 1) pješčana dna trajno prekrivena morem bez ili s morskim cvjetnicama (asocijacije *Zosteretum marinae* i sveze *Cymodoceion nodosae*) (šifra: 1110),
- 2) estuariji (šifra: 1130) i
- 3) potopljene ili djelomično potopljene morske špilje (šifra: 8330).

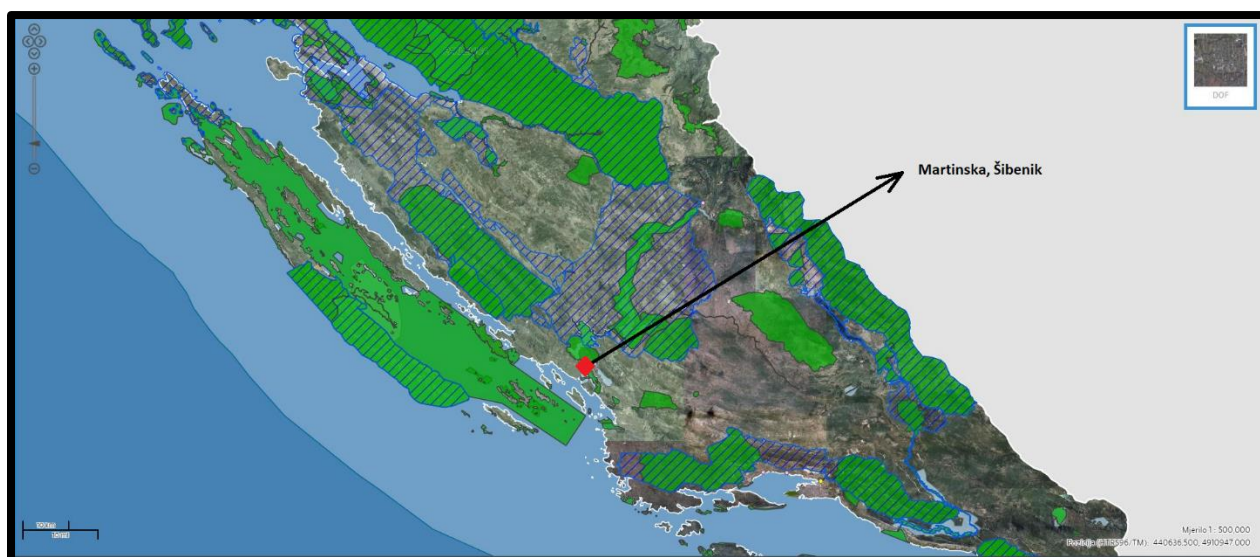
Obalna područja pod utjecajem slatke vode iz rijeka su specifična zbog naglih promjena ekoloških čimbenika, visoke primarne i sekundarne produkcije te složene hranidbene mreže (Slika 1.), što se odražava na gustoću populacija, raznolikost i biomasu ihtiofaune (Day i sur., 1989). Nagle promjene abiotičkih ekoloških faktora (npr. salinitet, temperatura, otopljeni kisik i turbiditet) zahtijevaju fiziološke prilagodbe vrsta koje ondje obitavaju. Za razliku od sustava otvorenih mora, povećana produktivnost estuarijskih ekosustava posljedica je riječnog donosa hranjivih soli. Dio energije se vraća u biogene cikluse remineralizacijom, dok se dio „gubi“ sedimentacijom (Imboden, 1974).



Slika 1. Pojednostavljeni prikaz hranidbene mreže u estuariju (modificirano prema Wolanski i Elliott, 2016).

Estuarijski ekosustavi posjeduju ulogu ekotona, tj. prijelaznih staništa gdje se dvije različite biološke zajednice ili ekosustava susreću i integriraju (Basset i sur., 2013). Osim zbog visoke bioraznolikosti stalno prisutnih vrsta, važno je očuvanje integriteta takvih staništa zbog mnogih vrsta koje ih koriste i kao mrijestilišta (Potter i sur., 1992).

Ušće rijeke Krke najreprezentativnija je estuarijska zajednica u Hrvatskoj. To je tipično ušće krškog tipa s posebnim oceanografskim karakteristikama: slojevitost vodenog stupca, maksimum podzemne temperature, duga razdoblja zadržavanja slane vode u estuariju. Od prijetnji na tom su području utvrđeni: unos hranjivih soli (nitrati i fosfati), zakiseljavanje morske vode te zagađenje vode anorganskim i organskim tvarima čiji je intenzitet okarakteriziran osrednjim. Područje nastanjuje biocenoza algi koje nastanjuju čvrsto dno infralitorala. Njezine dubinske granice određuje količina svjetlosti, koje u toj zajednici ima puno. Rasprostire se od morske površine do dubine od 30 metara. Velika količina primarnih proizvođača osnova je za život mnogih potrošača, a biomasa u toj zajednici može dosegnuti vrlo visoke vrijednosti (Bakran-Petricioli, 2011).



Slika 2. Kartografski prikaz ekološke mreže Natura 2000 na području uvale Martinska (položaj uvale označen je crvenim pravokutnikom) (Izvor: <https://priroda-skz.hr/natura-2000-u-skz/>).

Svaka zemlja članica EU dužna je provoditi smjernice za svoju morsku strategiju radi ostvarivanja ujednačenosti, usklađenosti i dosljednosti u provedbi procjena, monitoringa i mjera na različitim razinama te omogućavanja usporedbi do koje je mjere postignuto dobro stanje

morskog okoliša (DSO). Jedan od nacionalnih propisa koji je ključan za postizanje dobrog stanja morskog okoliša je Uredba o izradi i provedbi dokumenata Strategije upravljanja morskim okolišem i obalnim područjem (NN 112/14, 39/17 i 112/18). Glavni deskriptori (D) kojima se sukladno Okvirnoj Direktivi procjenjuje stanje morskog okoliša su: biološka raznolikost (D1), strane vrste (D2), komercijalno značajne ribe, rakovi i školjkaši (D3), hranidbene mreže (D4), eutrofikacija (D5), cjelovitost morskog dna (D6), trajno mijenjanje hidrografskih i oceanografskih uvjeta (D7), koncentracije onečišćujućih tvari (D8), onečišćujuće tvari u morskim organizmima namijenjenim za prehranu ljudi (D9), otpad u moru (D10) i unos energije (D11).

Ušćem rijeke Krke sukladno Aktu o osnivanju upravlja Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Šibensko-kninske županije (www.priroda-skz.hr), međutim zakonom propisani Plan upravljanja za ovo područje ekološke mreže (HR3000171) još nije izrađen kao ni za većinu područja ekološke mreže u Republici Hrvatskoj.

Rezultati monitoringa nužni su za dobivanje podataka na osnovu kojih će se izraditi plan upravljanja, odnosno date upute kako vrstu i/ili stanište štititi i koje mjere očuvanja poduzimati. Na taj način, odlučivanje na polju zaštite prirode može biti opravdano i potkrijepljeno dokazanim činjenicama umjesto procjenama ili čak običnim pretpostavkama. Korištenje destruktivnih metoda u istraživanjima morske faune kao što je ribolov pridnenim mrežama (Cetinić i sur., 1987) i kočama i dalje je u primjeni (Iveša i sur., 2019) te predstavlja važan izvor bioloških podataka o abundanciji gospodarski važnih vrsta (Matić-Skoko i sur., 2010; Stagličić i sur., 2011). Obavljanje istraživanja vizualnim cenzusom nije potpuno primjenjivo za određivanje sastava faune i interakcije organizama istraživanog područja (Bobek, 2020) zbog određenih nedostataka (prisutnosti istraživača i alata). U odnosu na terenska uzorkovanja i statističke procjene, primjenom podvodnih kamera uspjevaju se preciznije odrediti varijacije u brojnosti i strukturi populacija morskih organizama i pobliže procijeniti njihova korelacija s okolišnim čimbenicima (Marini i sur., 2018; Aguzzi i sur., 2019; Aguzzi, i sur., 2011). Zbog utjecaja visoko produktivnih plitkih staništa na bioraznolikost (De Raedemaeker i sur., 2010) kvalitetan monitoring je od iznimne važnosti pri evaluaciji antropogenih učinaka (Seaman, 2007).

Za razliku od većine istraživanja provedenih video monitoringa u Mediteranu koja su bila fokusirana na područja od preko 20 metara dubine (Condal i sur., 2012; Aguzzi i sur., 2020, Mirimin i sur., 2021), u ovome su istraživanju korištenjem podvodne video kamere smještene u uvali Martinska na 5 m dubine utvrđivane razlike u sastavu morske faune tijekom četiri godišnja doba kako bi se dobili što detaljniji podatci o varijacijama po sezonama.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

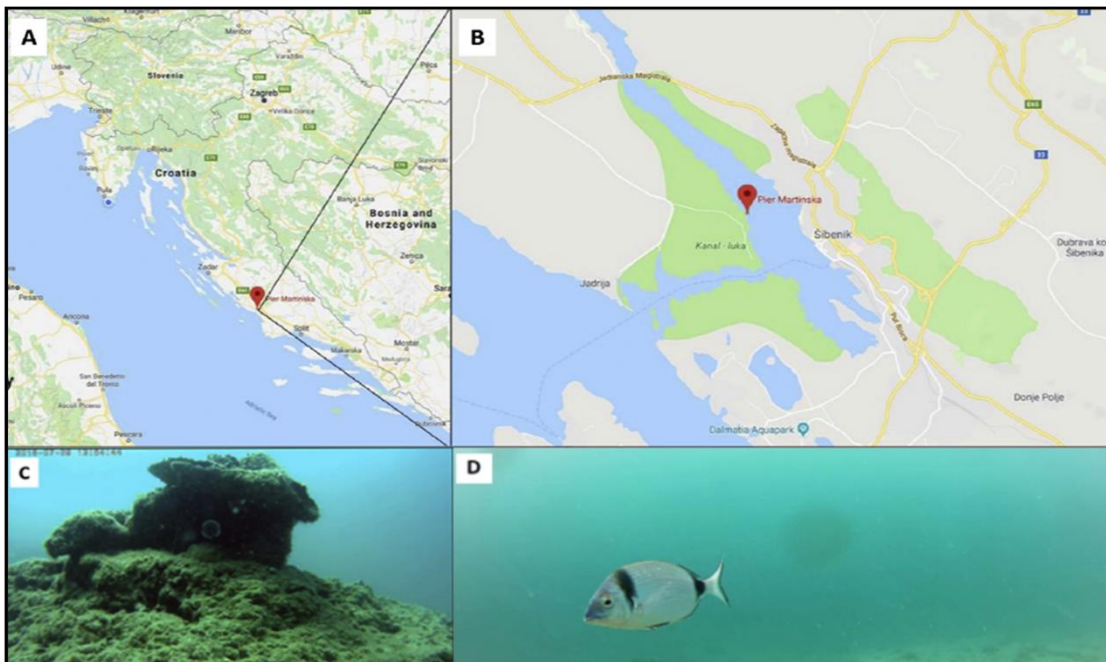
Ciljevi ovog istraživanja su:

1. Metodom video monitoringa pratiti sezonsku prisutnost i učestalost pojavljivanja različitih vrsta morske faune u uvali Martinska tijekom siječnja, travnja, srpnja i listopada 2019. godine.
2. Istražiti utjecaj praćenih ekoloških čimbenika (temperature, saliniteta i razine mora) na prisutnost vrsta morske faune.
3. Usporediti bioraznolikost u različitim sezonama.
4. Utvrditi brojnost gospodarski važnih vrsta na istraživanom području.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Područje istraživanja

Istraživanje je provedeno u uvali Martinska kraj Šibenika, na području ekološke mreže Natura 2000 (HR3000171), uz stanicu Zavoda za istraživanje mora i okoliša Instituta Ruđer Bošković uz obalu. U blizini istraživačke postaje na dubini od 5 m postavljena je podvodna video kamera s kabelskim napajanjem (koordinate : 43°44'9.85''N i 15°52'37.62''E) (Slika 3.).



Slika 3. Prikaz istraživanog područja s označenom istraživanom postajom (A, B), korištena podvodna video kamera, zamaskirana i uklopljena u umjetnom grebenu (C); primjer morskog organizma zabilježenog video kamerom - *Diplodus vulgaris* (Geoffroy Saint-Hillaire, 1817) (D).

3.2. Postupak provedbe istraživanja

Fotografije su prikupljane stacionarnom video kamerom tipa Hikvision, model DS-2CD2020F-I koja je softverski programirana da prikuplja fotografije na svaki pokret te opremljena sensorima za mjerenje temperature, saliniteta i razine mora (morskih mijena).

Ekološki čimbenici mjereni su kontinuirano tijekom cijelog razdoblja istraživanja. Vrijednosti morskih mijena izražene su medijanom ukupnih mjesečnih vrijednosti plime i oseke svakoga dana pri čemu su vrijednosti iznad medijana označene kao plima, dok su niže vrijednosti označene kao oseka. Potom su izračunate srednje mjesečne vrijednosti.

Foto materijal je sakupljan sezonski, tokom 4 mjeseca (siječanj, travanj, srpanj i listopad 2019) u dnevnom razdoblju od jutra do sumraka. Neposredno prije analize fotografija, eliminirane su one koje su bile neupotrebne zbog zaklanjanja kamere nekim organizmima ili zamućenja kamere. Potom su fotografije za obradu grupirane po vremenskim razmacima od 30 minuta na dnevnoj bazi. Determinacija vrsta na svakoj pojedinoj fotografiji obavljena je prema Froese i Pauly (2009) pri čemu pripadnici slabije vagilne bentičke faune (trpovi i ježinci) nisu bilježeni zbog njihove velike brojnosti i nemogućnosti točnog prebrojavanja. Populacije riba i ostalih vagilnih vrsta analizirane su prema metodologiji autora Aguzzi i sur. (2011) i Aguzzi i sur. (2012). Kako bi se izbjegle pogreške u determinaciji morfološki sličnih vrsta na osnovu fotografija, krajnja determinacija obavljena je do razine roda u slučajevima kada nije bilo moguće determinirati vrstu. Fotografije gdje nije bilo moguće jedinku(e) riba i/ili nekih drugih organizama točno determinirati i/ili svrstati u odgovarajuću porodicu, izuzete su iz daljnje analize (Slika 4.). Kako bi se izbjeglo višestruko prebrojavanje iste jedinke, pri prebrojavanju su izuzete one jedinke koje se evidentno pojavljuju u više uzastopnih zapisa, a kada se na fotografijama pojavila plova riba čija je brojnost prelazila stotinu jedinki, računalo se kao broj 100, odnosno prema metodologiji Condal i sur. (2013). Gospodarski važne vrste određene su prema Pravilniku o obliku, sadržaju i načinu vođenja i dostave podataka o ulovu u gospodarskom ribolovu na moru (NN 38/2018), a druge vrste, svrstane u zasebnu skupinu (ostale).



Slika 4. Primjeri otežane determinacije ihtiofaune (A), primjer fotografije riba koje nije moguće determinirati (B) i primjer pogodne fotografije za determinaciju (C).

Kako bi se dobio uvid u dnevno kretanje morske faune, sve vrste zabilježene u jednome danu raspoređene su u tri zasebne skupine u zavisnosti o periodu dana: zora, središnji dio dana i sumrak. Vrijeme zore okarakterizirano je slabijim uvjetima osvjetljenja i određeno je za period od 6.30 sati do 8.00 sati. Središnji dio dana odnosio se na vrijeme od 8.30 sati do 15.30 sati, odnosno kada je razina svjetlosti bila najveća. Posljednji dio dana (sumrak) označavao je period od 16.00 sati do mraka (maksimalno do 21.30 sata, ovisno o sezoni).

Za potrebu daljnje obrade podataka, svi podaci upisani su u program Microsoft Office Excel 2010 te su obrađeni i potom tablično i grafički prikazani.

3.3. Shannon-Wiener indeks bioraznolikosti

Indeksi biološke raznolikosti pokazuju promjene u bogatstvu i ujednačenosti između skupova podataka. Shannon-Wienerov indeks je mjera heterogenije koji uključuje bogatstvo vrsta i njihovu jednakost (Hollenbeck i Ripple, 2007). U odnosu na ostale indekse (kao na primjer Simpsonov indeks bioraznolikosti) osjetljiv je na prisutnost rijetkih vrsta (Krebs, 1989).

Shannon-Wienerov indeks (H') računat je na sljedeći način:

$$H' = \sum (p_i) (\log_2 p_i)$$

Gdje je: p_i – udio određene vrste u ukupnom uzorku Mjera jednakosti abundancije vrsta (E)

$$E = H' / \ln(N)$$

Gdje je: H' - Shannon-Wiener indeks

N - brojnost vrsta

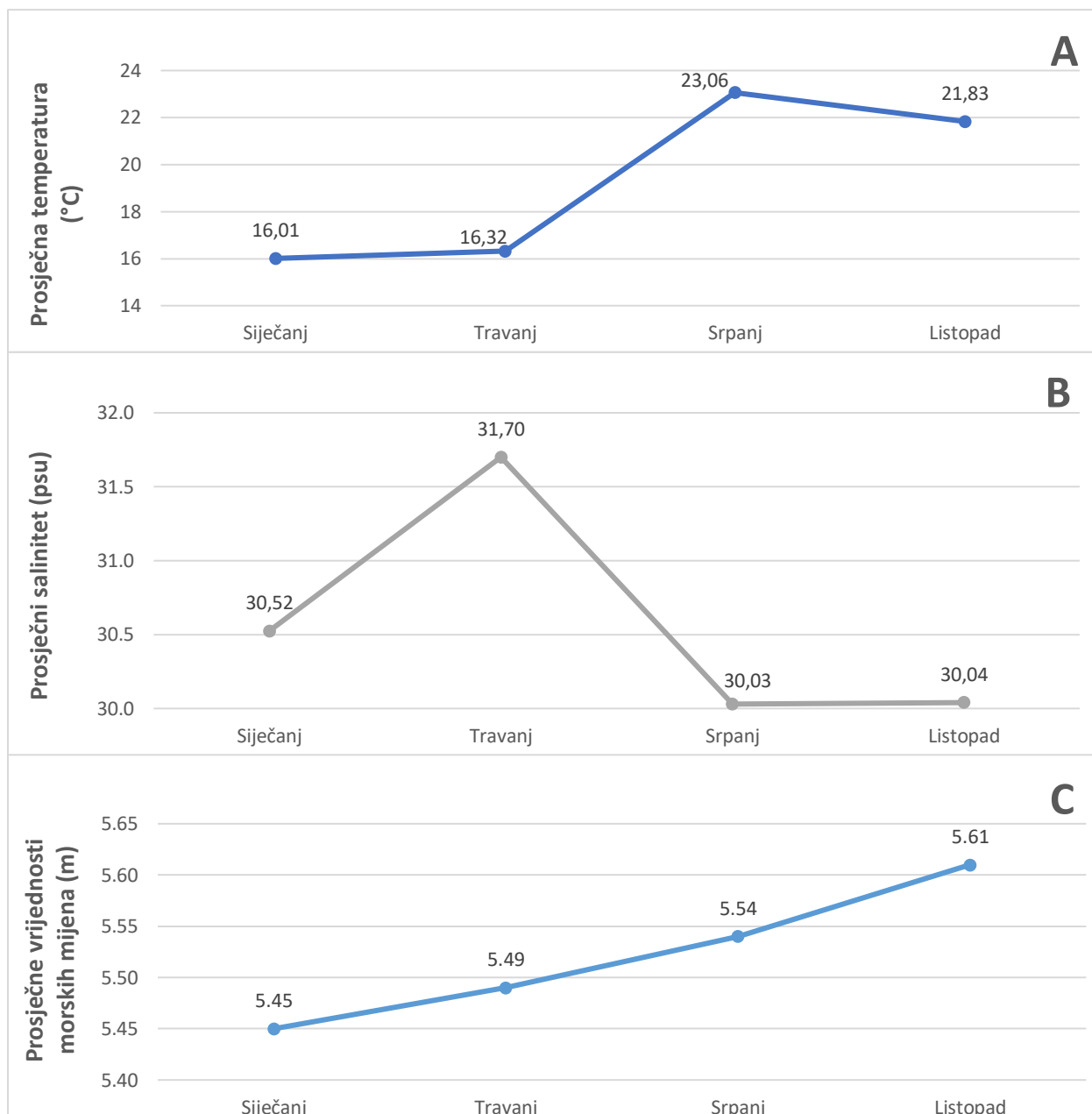
3.4. Statistička obrada podataka

Kako bi se utvrdila eventualna povezanost ekoloških čimbenika s prisutnošću pojedinih vrsta morske faune obavljena je analiza kanoničke korespondencije (CCA). Vrijednosti abiotičkih čimbenika su predstavljali kvantitativne, a mjeseci istraživanja nominalne varijable. Na taj način uspoređena je udaljenost grupa uzimajući u obzir više varijabli. Odnosi između determiniranih vrsta i abiotičkih ekoloških faktora po mjesecima putem CCA analize obrađeni su pomoću softverskog paketa PAST, verzija 2.17v (Hammer i sur., 2001).

4. REZULTATI

4.1. Temperatura, salinitet i razina mora

Najviša prosječna temperatura zabilježena je u srpnju s vrijednosti 23,06 °C, dok je u siječnju najniža prosječna temperaturna vrijednost iznosila 16,01 °C. Varijacije saliniteta nisu pokazale veća odstupanja od godišnjeg prosjeka: najniža vrijednost iznosila je 30,03 psu, dok je najviša iznosila 31.7 psu. Sezonalna kolebanja morskih mijena određena su izračunom prosjeka svih vrijednosti plima i oseka u istraživanom mjesecu. Prosječne vrijednosti morskih mijena najniže su bile u siječnju (prosjek dubine 5,45 m) te su se postepeno povećavale do listopada (prosjek dubine 5,61 m) kada su bile najveće (Slika 5).

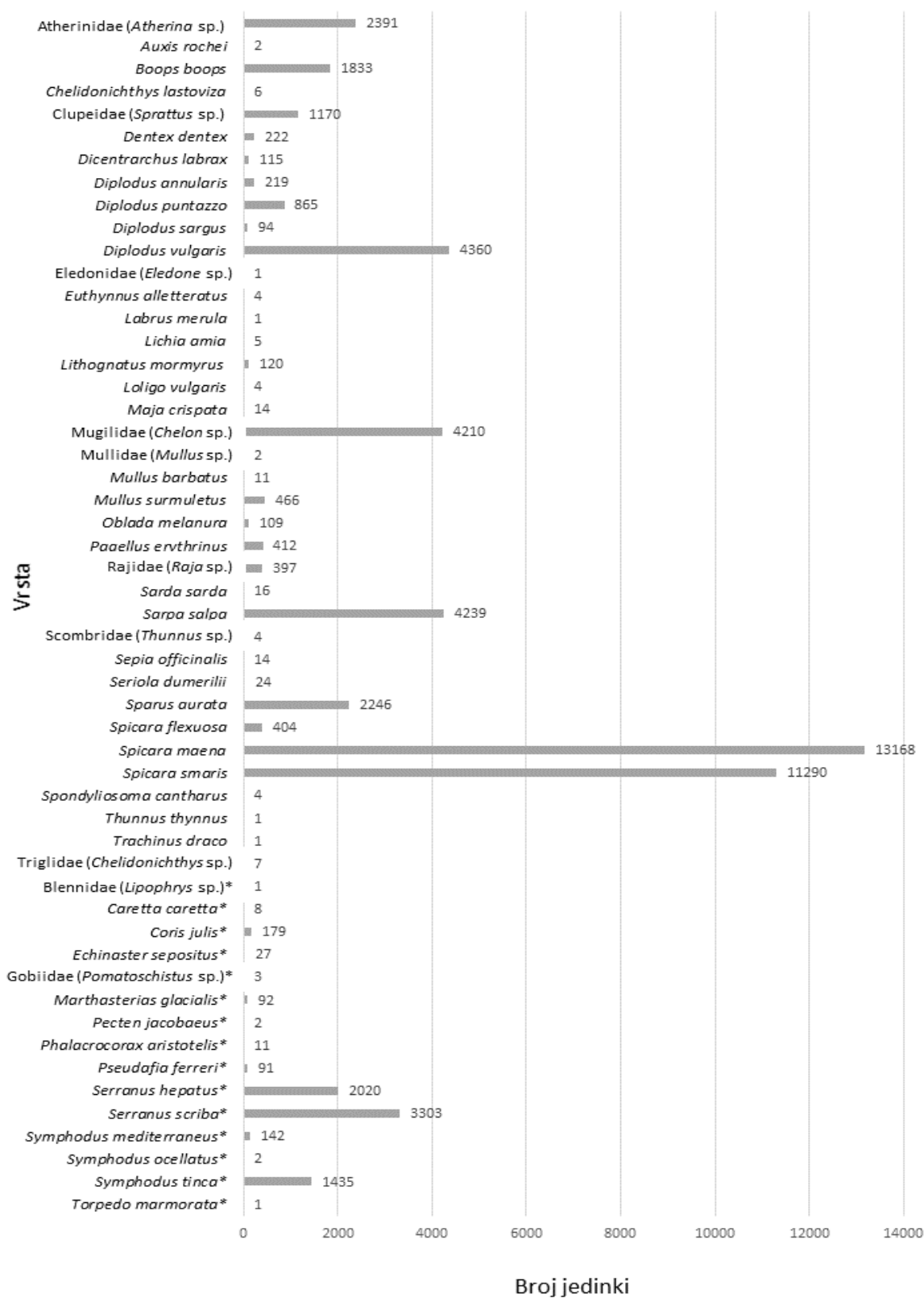


Slika 5. Prikaz vrijednosti abiotičkih čimbenika tijekom istraživanog perioda u 2019. godini: A: temperatura u °C, B: salinitet u psu i C: morske mijene u metrima.

4.2. Sastav morske faune u uvali Martinska

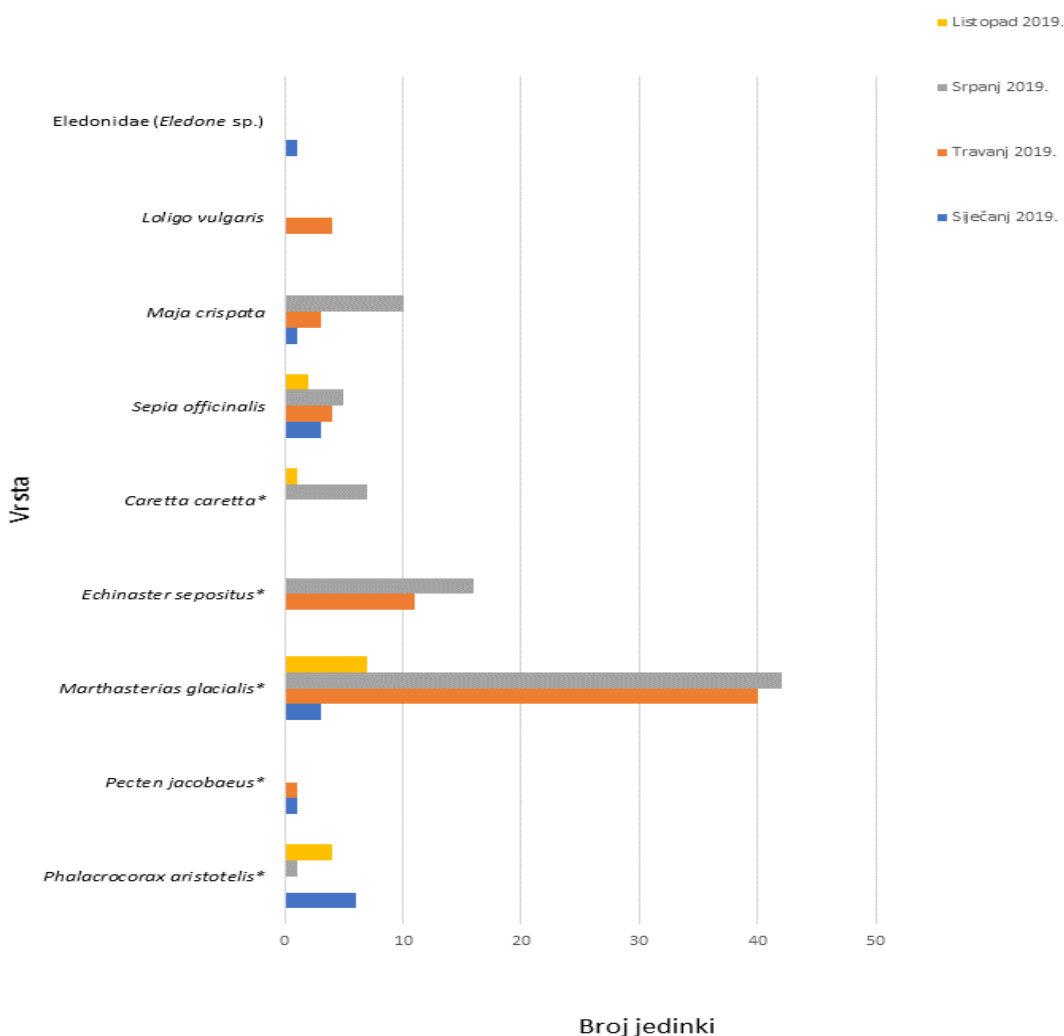
U ovom četveromjesečnom istraživanju tijekom 2019. godine prikupljene su i obrađene 94 669 fotografije snimljene podvodnom video kamerom. Odbačeno je 2911 fotografija koje nisu bile upotrebljive, a analizirano je ukupno 91 758 iskoristivih fotografija.

Analizom podvodnih fotografija na postaji Martinska, u 2019. godini u mjesecima siječanj, travanj, srpanj i listopad zabilježene su sveukupno 55612 jedinke, od čega se preko 99 % (55439 jedinki) odnosilo na ihtiofaunu (Slika 6). Utvrđene su ukupno 54 vrste morske faune, od čega 82 % otpada na ribe. Najveći postotni udio (72.2 %) čine gospodarski značajne vrste riba i beskralješnjaka (39 vrsta). Porodica Sparidae (ljuskavke) je bila najzastupljenija s 12 zabilježenih vrsta. Od gospodarski značajnih vrsta riba najzastupljeniji je modrak *Spicara maena* (Linnaeus, 1758) (23 % ukupne brojnosti; 13168 jedinki), iza kojeg slijedi gira oblica, *Spicara smaris* (Linnaeus, 1758) s 11290 jedinki (20 % ukupne brojnosti). Gira oblica bila je najbrojnija u siječnju (7070 jedinki) i travnju (4565 jedinki), dok su u srpnju i listopadu zabilježene svega 3 jedinke. Modrak je imao veliku brojnost kroz sve sezone osim ljeta kada je utvrđeno 40 jedinki. Od vrsta riba bez gospodarskog značaja najbrojnije su bile su *Serranus scriba* (Linnaeus, 1758) (pirka) i *Serranus hepatus* (Linnaeus, 1758) (vučić).



Slika 6. Prikaz ukupnog broja vrsta u 2019. godini (vrste bez gospodarskog značaja označene su zvjezdicom).

Uz ihtiofaunu, zamijećene su i ostale vrste organizama: morski vranac (*Phalacrocorax aristotelis*, Linnaeus, 1761) s 11 zabilježenih jedinki, morska kornjača (*Caretta caretta*, Linnaeus, 1758) (Slika 8.) s 8 zabilježenih jedinki te gospodarski značajan školjkaš (*Pecten jacobaeus*, Linnaeus, 1758) (Slika 9.) s dvije zabilježene jedinke. Od pripadnika glavonožaca bile su prisutne tri gospodarski značajne vrste s ukupno 19 zabilježenih jedinki (*Eledone* sp.; *Loligo vulgaris*, Lamarck 1798; *Sepia officinalis*, Linnaeus, 1758), jedna vrsta raka bez gospodarskog značaja (*Maja crispata*, Risso 1827) s ukupno 14 zabilježenih jedinki te dvije vrste zvjezdaca s ukupno 119 zabilježenih jedinki (*Echinaster sepositus*, Retzius 1783 i *Marthasterias glacialis*, Linnaeus 1758) (Slika 7.).



Slika 7. Prikaz brojnosti beskralješnjaka, glavate želve (*C. caretta*), morskog vranca (*P. aristotelis*) tijekom istraživanih mjeseci u 2019. godini (vrste bez gospodarskog značaja označene su zvjezdicom).



Slika 8. A - glavata želva (*C. caretta*) i B - morski vranac (*P. aristotelis*).



Slika 9. Školjkaš vrste *P. jacobaeus* prikazan prilikom rutinskog održavanja podvodne video kamere.

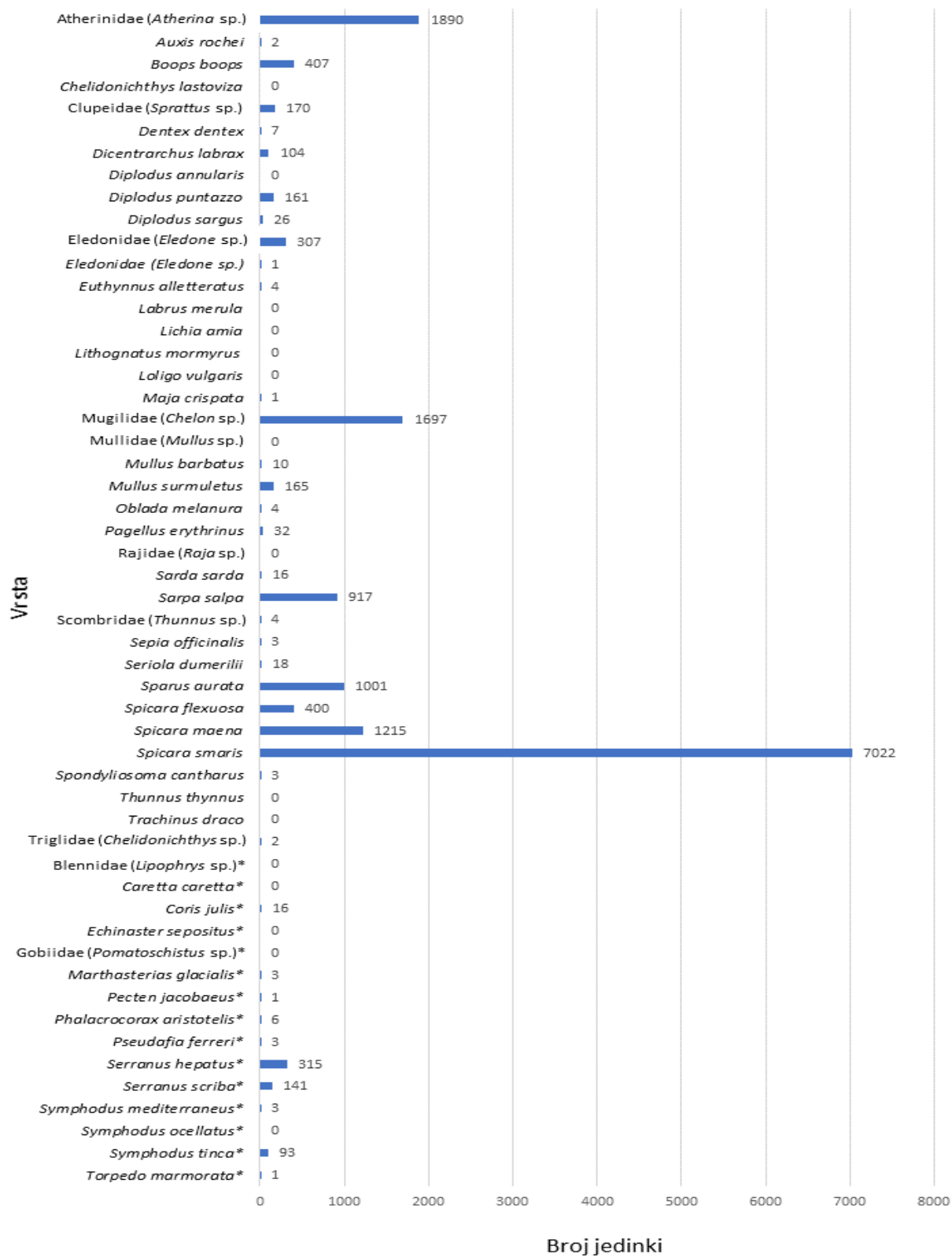
U Prilogu 1. ovog rada detaljno su prikazana biološka obilježja i sistematska pripadnost svih determiniranih vrsta na području Martinske slikanih podvodnom video kamerom u istraživanom razdoblju. Prikazana je vrijednost trofičke razine organizama (TL - vrijednost od 1 do 5 koja označava položaj organizma u hranidbenoj mreži gdje je 1 primarna produkcija, a 5 morski sisavci), funkcionalna trofička grupa (FTG) koja se dijeli na H: herbivor; OV: omnivor s preferencijom za biljke; OA: omnivor s preferencijom za životinje; CD: karnivor s preferencijom za ribe i dekapodne rakove; CC: karnivor s preferencijom za ribe i glavonošce.

4.2.1. Sastav morske faune u uvali Martinska u siječnju 2019.

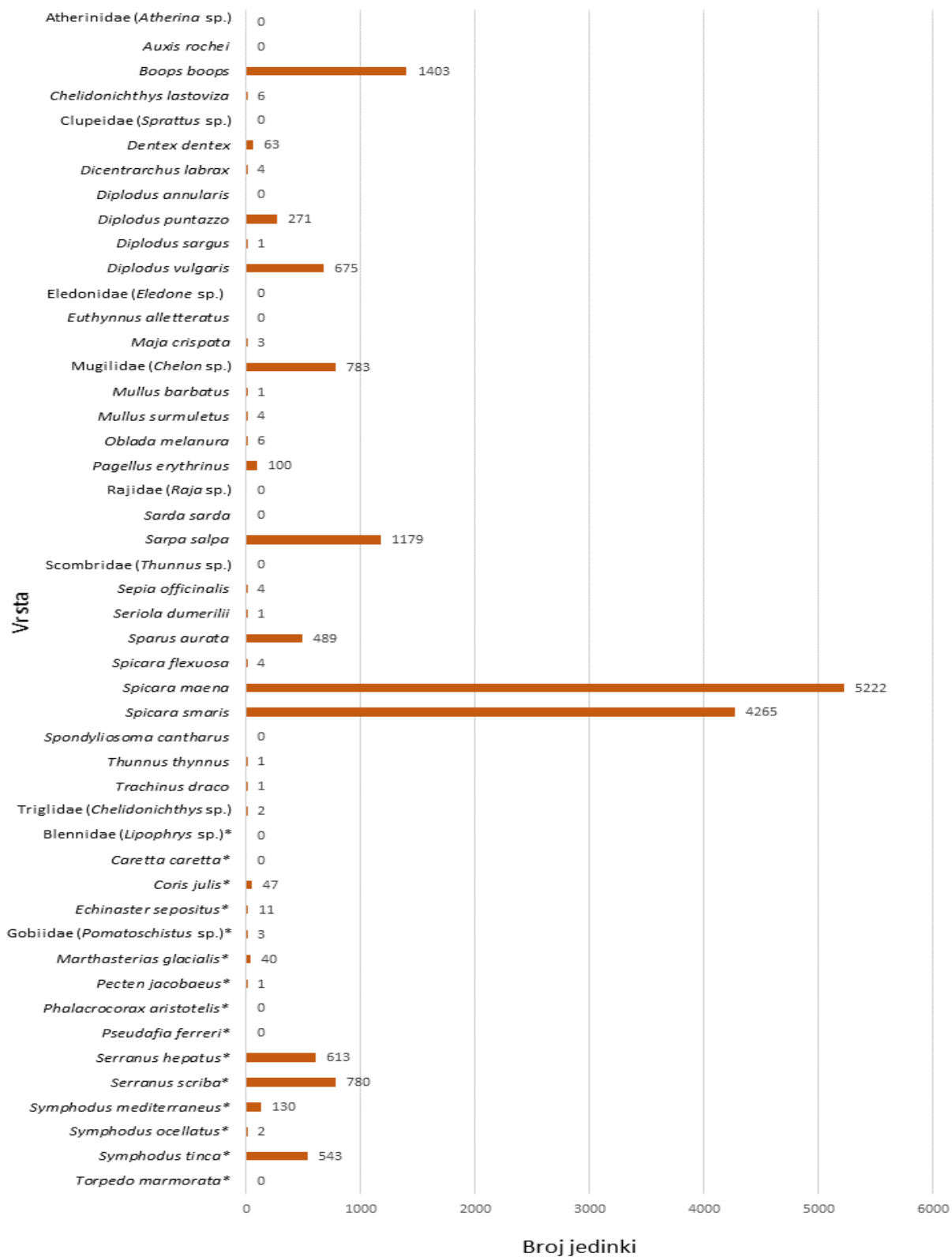
U siječnju 2019. godine utvrđeno je najviše različitih vrsta morske faune (38) što čini 70 % od ukupnog broja svih utvrđenih vrsta u ovom istraživanju na području uvale Martinska. Najbrojnija je bila je gira oblica, *S. smaris* (7000 jedinki), iza koje su po brojnosti slijedile vrste iz porodice zeleniša (Atherinidae), *Atherina* sp. s 1890 jedinki te cipala (*Chelon* sp.) s 1697 jedinki. Vrste kod kojih je u siječnju 2019. godine zabilježena samo jedna jedinka bile su *M. crispata*, *Eledone* sp., *P. jacobaeus* i *Torpedo marmorata* (Risso, 1810) (Slika 10.).

4.2.2. Sastav morske faune u uvali Martinska u travnju 2019.

U travnju 2019. godine u uvali Martinska utvrđeno je ukupno 37 vrsta što čini udio od 68 % ukupno utvrđenih vrsta u ovome istraživanju. Najbrojnije su bile planktonivorne bentopelagične vrste. Modrak, *S. maena* bio je najzastupljenija vrsta (5222 jedinki), iza koje je slijedila gira oblica, *S. smaris* (4265 jedinki) te bukva *Boops boops* (Linnaeus, 1758) s 1403 jedinke. Vrste s najrjeđom pojavnosti bile su šarag (*Diplodus sargus*, Linnaeus, 1758), vrana (*Labrus merula*, Linnaeus, 1758), trlja blatarica (*Mullus barbatus*, Linnaeus, 1758), pauk bijelac (*Trachinus draco*, Linnaeus, 1758). Veće pelagične ribe bile su zastupljene samo s jednom jedinkom: gof (*Seriola dumerilii*, Risso, 1810), strijela bjelica (*Lichia amia*, Linnaeus, 1758), plavoperajna tuna (*Thunnus thynnus*, Linnaeus, 1758). Od gospodarski značajnih beskralješnjaka zabilježeni su sipa, *S. officinalis* i jakovljeva kapica, *P. jacobaeus* (Slika 11.).



Slika 10. Prikaz broja jedinki svih zabilježenih vrsta morske faune u siječnju 2019. godine (vrste bez gospodarskog značaja označene su zvjezdicom).



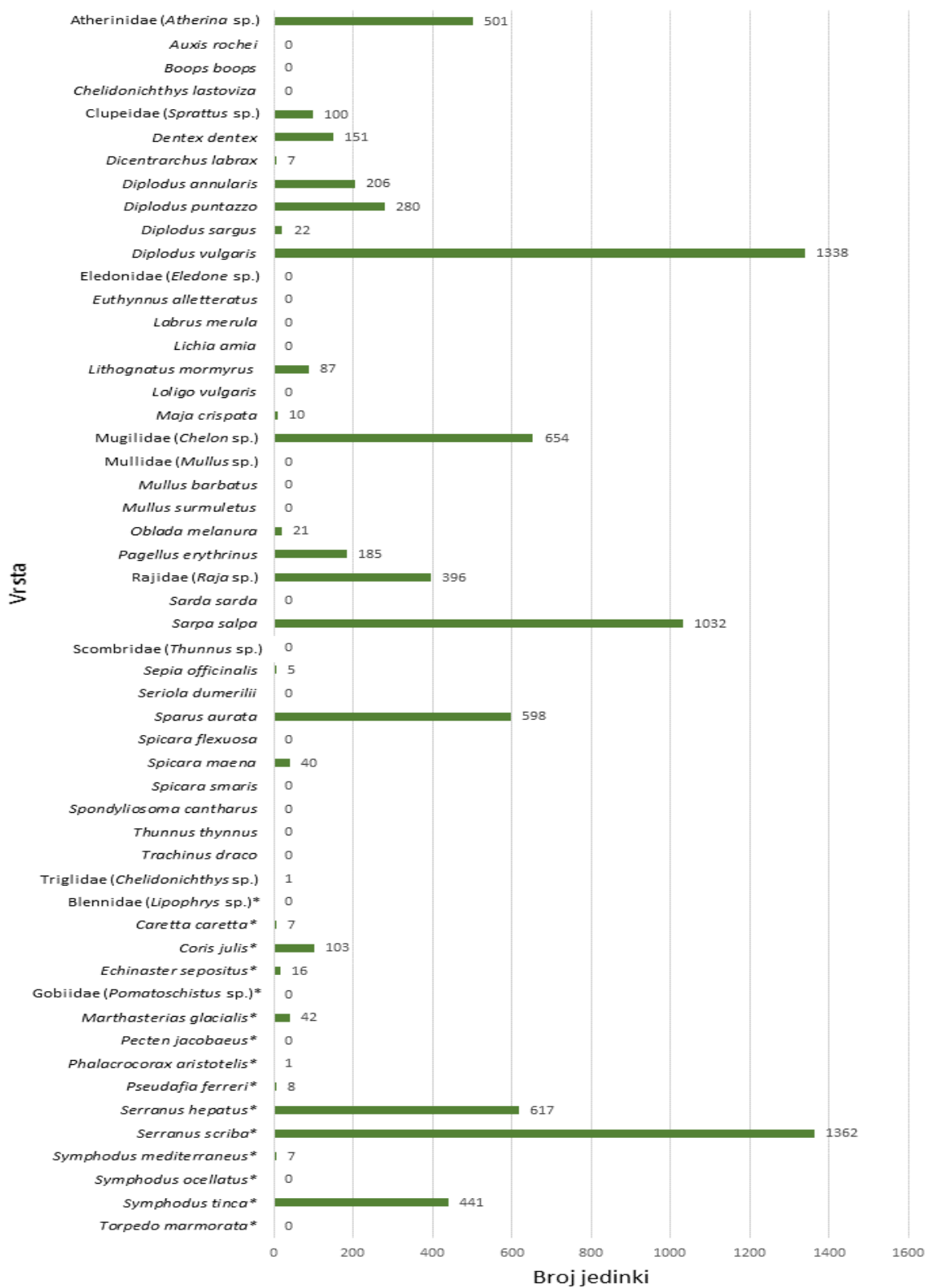
Slika 11. Prikaz broja jedinki svih zabilježenih vrsta morske faune u travnju 2019. godine (vrste bez gospodarskog značaja označene su zvjezdicom).

4.2.3. Sastav morske faune u uvali Martinska u srpnju 2019.

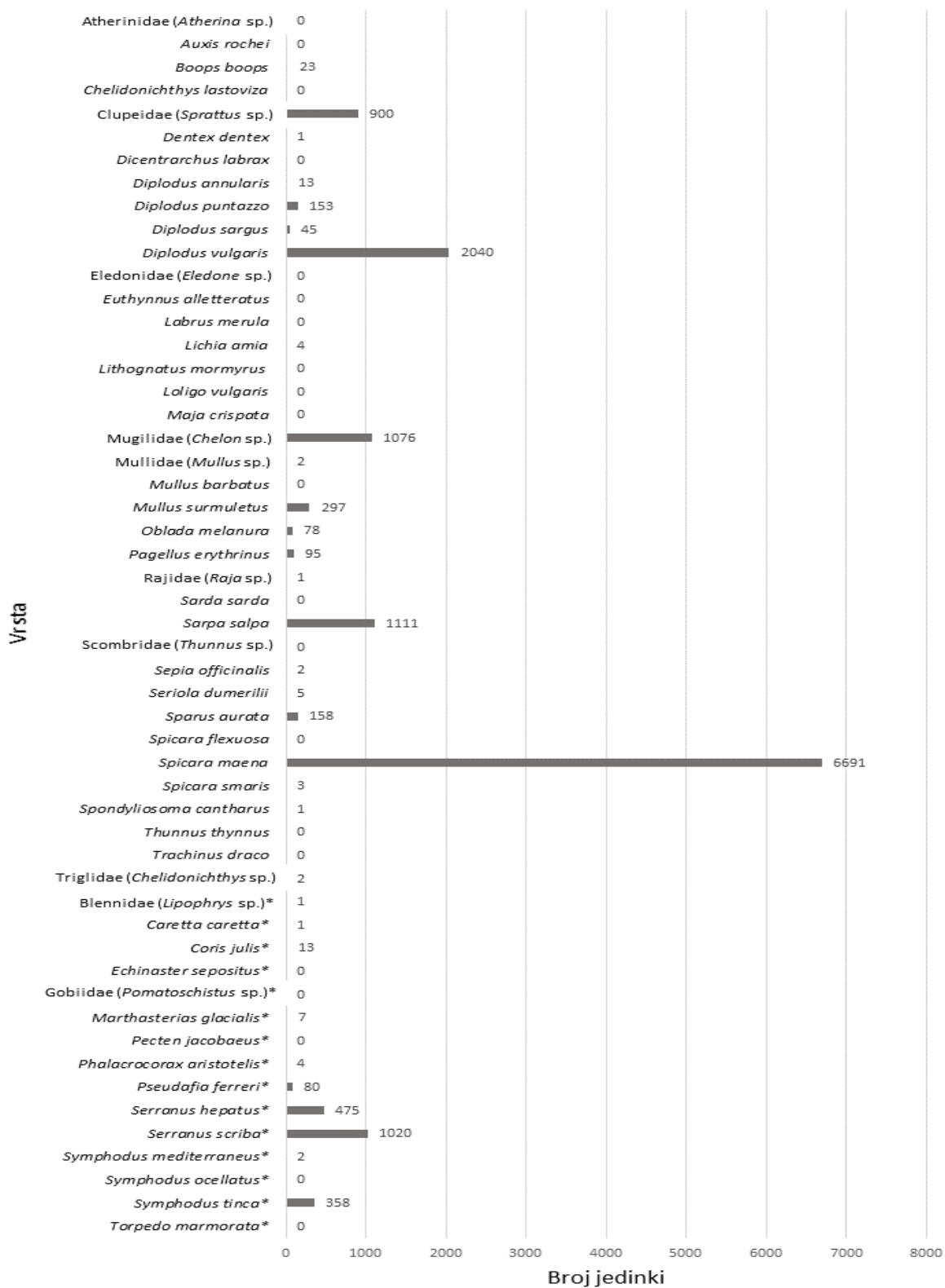
U srpnju 2019. godine na području uvale Martinska nije utvrđena niti jedna gira oblica, (*S. smarís*) čija je brojnost jedinki prevladala tijekom istraživanja u mjesecima koji su obilježavali zimsko i proljetno doba. Najbrojnija zabilježena vrsta bila je pirka, *S. scriba* (1362 jedinke), iza koje su po brojnosti slijedili fratar, *D. vulgaris* (1338 jedinki) i salpa, *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (1032 jedinke). Mogla se uočiti manja bioraznolikost vrsta sa 17 % nižim udjelom ukupnog broja vrsta (29 od sveukupno 54 utvrđene vrste u cjelokupnom periodu istraživanja) u odnosu na siječanj 2019. godine. Vrste s najmanjom zastupljenošću (jedna jedinka) bile su morski vranac (*P. aristotelis*) i riba iz porodice Triglidae. Od predatorskih vrsta jedino je značajna prisutnost zubaca, *Dentex dentex* (Linnaeus, 1758) (151 jedinki) pri čemu je u srpnju 2019. godine u odnosu na ostale istraživane mjesece ova vrsta najbrojnija (Slika 12.). Glavata želva (*C. caretta*) je u odnosu na ostale mjesece utvrđena pri najvećoj brojnosti u srpnju 2019. godine (Slika 12.).

4.2.4. Sastav morske faune u uvali Martinska u listopadu 2019.

Na slici 13. prikazane su vrste utvrđene u uvali Martinska u periodu istraživanja tijekom listopada 2019. godine. Zabilježene su 32 vrste što čini 60 % ukupnog broja svih vrsta. Modrak, (*S. maena*) je bio najbrojniji (6691 jedinki) te su slijedili fratar, *D. vulgaris* (2040 jedinki) i salpa, *S. salpa* (1111 jedinki). Od ostalih gospodarski važnih vrsta, u najmanjoj su brojnosti (jedna zabilježena jedinka) utvrđeni zubatac, *D. dentex*, kantar, *Spondyllosoma cantharus* (Linnaeus, 1758) te jedna hrskavičnjača roda *Raja*. Od gospodarski nevažnih vrsta zabilježene su glavata želva (*C. caretta*) i vrsta iz porodice Blenniidae (*Lipophrys* sp.).



Slika 12. Prikaz broja jedinki svih zabilježenih vrsta morske faune u srpnju 2019. godine (vrste bez gospodarskog značaja označene su zvjezdicom).

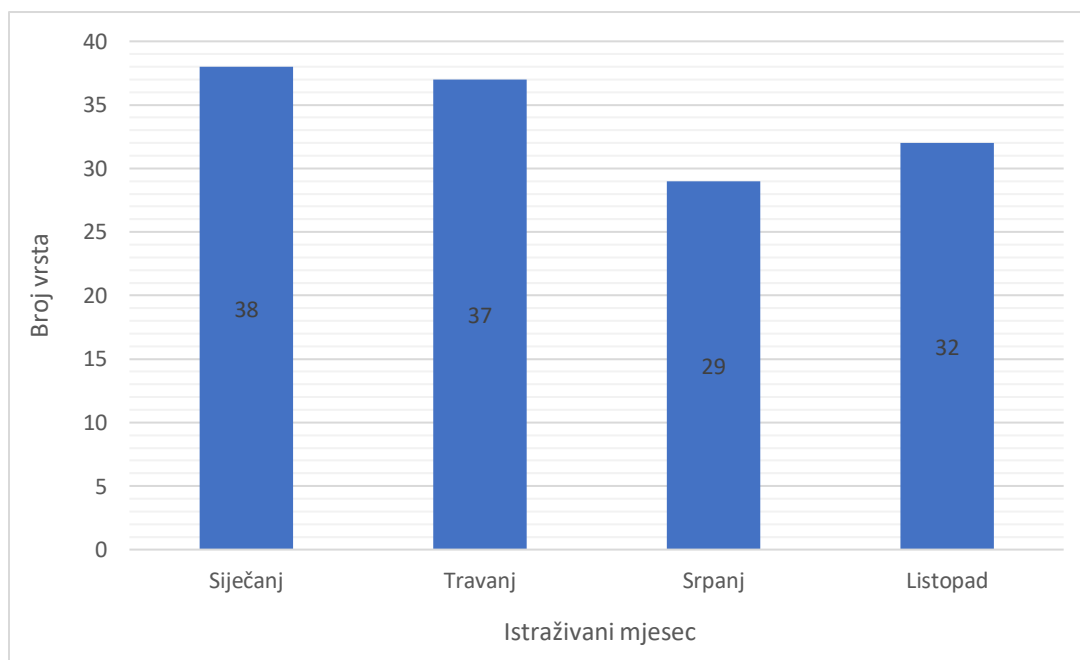


Slika 13. Prikaz broja jedinki svih zabilježenih vrsta morske faune u listopadu 2019. godine (vrste bez gospodarskog značaja označene su zvjezdicom).

Tijekom istraživanog perioda od četiri mjeseca, u travnju je utvrđena najveća brojnost jedinki svih vrsta (16616 jedinki), dok je najniža brojnost jedinki zabilježena u srpnju (7988 jedinki). Po jedna jedinka je zabilježena od sljedećih vrsta: drhtulja šarulja (*T. marmorata*), plavoperajna tuna (*T. thynnus*), vrana (*L. merula*), *Liphophris* sp. te *Eledone* sp. S obzirom na stupanj trofije i hranidbu, najbrojniji su omnivori (28 vrsta), dok su herbivori u potpunosti izostali. Vrste koje se hrane glavonošcima i ribama (funkcionalna trofička grupa: CC), gdje spadaju veliki pelagični predatori (*T. thynnus*, *L. amia*, *Sarda sarda* Bloch, 1793 i sl.) pojavljuju se periodično u malom broju. Ukupno 39 od 54 vrsta morske faune bilo je gospodarski značajno (Tablica 2. u Prilogu 1.).

4.3. Bioraznolikost morske faune u uvali Martinska

U istraživanom razdoblju najveća je bioraznolikost zabilježena u siječnju i travnju 2019. godine s 38, odnosno 37 vrsta. U srpnju i listopadu 2019. godine utvrđen je manji broj vrsta (29, odnosno 32 vrste) (Slika 14).



Slika 14. Prikaz ukupnog broja vrsta u siječnju, travnju, srpnju i listopadu 2019. godine.

Shannon-Wienerovim indeksom bioraznolikosti (Tablica 1.) utvrđena je najniža vrijednost bioraznolikosti u listopadu 2019. godine s vrijednosti od 1,93, dok je u srpnju 2019. zabilježena najveća bioraznolikost s vrijednosti 2,61. Shannon-Wienerova mjera ujednačenosti abundancije

pojedinih vrsta (E) prikazuje najviše vrijednosti u srpnju (E= 0,77), dok je u listopadu utvrđena najniža sličnost u ujednačenosti abundancije pojedinih vrsta (E= 0,55).

Tablica 1. Prikaz dobivenih vrijednosti bioraznolikosti u siječnju, travnju, srpnju i listopadu 2019. godine. H'- vrijednost Shannon-Wiener indeksa i E- mjera ujednačenosti abundancije različitih vrsta (vrijednosti bliže nuli označavaju manju ujednačenost abundancije jedinki pojedinih vrsta, dok vrijednosti bliže 1 označavaju višu ujednačenost abundancije jedinki pojedinih vrsta).

Mjesec istraživanja	H'	E
Siječanj 2019.	2,09	0,57
Travanj 2019.	2,15	0,59
Srpanj 2019.	2,62	0,77
Listopad 2019.	1,93	0,55

4.4. Odnos između istraživanih ekoloških čimbenika i sezonske strukture morske faune

Na slici 15. prikazan je ordinacijski dijagram analize kanoničke korespondencije na temelju istraživanih mjeseci (siječanj, travanj, srpanj i listopad 2019. godine), determiniranih vrsta i abiotičkih ekoloških faktora (temperatura, salinitet i razina mora/morske mijene). Kod pojedinih vrsta vidljiva je povezanost učestalosti pojavljivanja s periodom u godini i abiotičkim faktorima utvrđenim na ispitivanom području. Vrste roda *Spicara* (*S. smaris* i *S. flexuosa*, Rafinesque 1810), *Atherina* sp. i *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) (desni kvadrant grafa s ljubičastim oznakama) grupirane su siječnju 2019. godine kada su vrijednosti saliniteta najniže. Većina vrsta iz porodice Sparidae (rodovi *Diplodus* i rod *Pagellus*) korespondira s višom temperaturom u srpnju i listopadu 2019. godine. Rezultati ukazuju da morske mijene nemaju značajniji utjecaj na sezonalnost pojavljivanja vrsta u uvali Martinska.

Analiza kanonične korespondencije u slici 16. nije prikazala jasnu povezanost između pojavnosti vrsta i perioda dana (zora, sredina dana i sumrak).



Slika 16. Ordinacijski dijagram analize kanonične korespondencije - prikaz prisustva vrsta u odnosu na abiotičke ekološke čimbenike (temperatura, salinitet i morske mijene) tijekom tri istraživana perioda dana (zora, sredina dana i sumrak). Skraćeni nazivi vrsta su pojašnjeni u stupcu "Kod" Priloga 1.

5. RASPRAVA

Ritmično ponašanje morske faune je adaptacija na cikličke promjene u okolišu. Astronomska gibanja zemlje u odnosu na sunce i mjesec stvaraju geofizičke cikluse unutar biosfere i određuju varijacije ključnih parametra staništa. Ti ciklusi su doprinijeli evolucijskom stvaranju mehanizma koje nazivamo „biološki satovi“, životinjskog i biljnog svijeta pa su jednim dijelom odgovorni za fiziološku regulaciju a time i ponašanje (Loudon, 2012, Refinetti, 2006). Mehanizmi koji određuju migracije i distribuciju nektona određeni su interakcijom abiotičkih (temperatura, salinitet, količina otopljenog kisika, morske mijene, itd.) i biotičkih (dostupnost hrane i skloništa, rizik od predacije, mrijest, itd.) čimbenika (Rountree 1992; Deegan i sur. 2000; Rountree i Able, 2007; Aguzzi i Company, 2010; Aguzzi i sur., 2011). Stoga, s obzirom na životne potrebe, migracije mogu biti vezane uz mrijest, hranidbu, sezonalnost, osmoregulaciju te pojedine životne stadije, primjerice ličinačke. Također su normalne vertikalne migracije koje su najčešće posljedica cirkadijalnog ritma, no mogu biti izazvane i drugim biološkim čimbenicima (Leggett, 1977). Karakteristike bentičkih zona, kao što su dubina, tip supstrata i salinitet bitne su za objašnjenje lokalne distribucije i obrasce abundancije i pojavnosti ribljih vrsta (Maravelias i sur., 2007; Katsanevakis i sur., 2009). Pretpostavlja se da promjene temperature i saliniteta imaju najveći utjecaj na vrste riba koje obitavaju u neritičkoj zoni (Dalamas i sur., 2010) zbog većih variranja ovih parametara u odnosu na dublje zone (Kontoyiannis i sur., 2005). Sezonske varijacije pokazuju ključnu ulogu u sukcesiji obalnih zajednica, što se očituje u promjeni abundancije i sastavu vrsta prilikom izmjene godišnjih doba (Condal i sur., 2012).

Istraživanja ritmičnosti i sezonalnih aktivnosti ihtiofaune provedena na području Sredozemnog mora prikazala su rezultate koji su ukazivali ponajviše na kretanje riba povezane s temperaturnim oscilacijama, u kojima se moglo zaključiti da su u zimsko-ljetnim periodima najveće razlike u ukupnoj biomasi i raznolikosti faune (Condal i sur., 2012). Ovim istraživanjem u najhladnijem mjesecu, siječnju, utvrđeno je znatno veće bogatstvo vrsta u odnosu na ljetne mjesece, dok drugi autori (Condal i sur., 2012; Ribeiro i sur., 2006; Cardoso i sur., 2011) na estuarijskim područjima u Sredozemlju navode veće bogatstvo vrsta u ljetnom razdoblju. Naime, Šibensko-Kninska županija atraktivno je turističko područje te ljeti dolazi do povećanja antropogenih aktivnosti uslijed kojih opada bioraznolikost (Radeljak i Pejnović, 2008). Abundancija riblje faune tijekom proljeća i jeseni je manja iz razloga što se radi o tranzicijskim razdobljima u izmjeni kompozicije ribljih zajednica u mediteranskim obalnim zonama (Relini i

sur. 2002; Santos i sur. 2005) što se očituje manjom brojnosti vrsta u priobalnoj zoni. Analizirajući sezonalnu pojavnost određenih vrsta primjećuje se povezanost vrijednosti pojedinih fizikalno - kemijskih parametara (temperatura i salinitet) s brojem vrsta

Najveći broj vrsta utvrđen je u mjesecu siječnju, dok je najmanja brojnost vrsta bila u srpnju. Shannon-Wienerovim indeksom utvrdilo se da je ljeti, tijekom srpnja, vrijednost indeksa bila najviša, dok je zimi kada je brojnost vrsta bila najviša, indeks imao nisku vrijednost. Unatoč velikom bogatstvu vrsta, vrijednosti indeksa bioraznolikosti u zimskom razdoblju bile su niže zbog slabe zastupljenosti nekih vrsta što se može objasniti učestalim pojavljivanjem nekoliko vrsta koje su prevladavale brojnošću (kao što je to vrsta *S. smarís*), dok je većina ostalih zabilježenih vrsta utvrđena u manjem broju. Kako se Shannon-Wiener indeks bazira na računanju ujednačenosti brojnosti vrsta u uzorku, nerijetka prisutnost jedinki većine vrsta u ljetnom razdoblju (u kojem je zabilježena najniža brojnost od 29 vrsta) doprinijela je višoj vrijednosti indeksa, pa je srpanj bio mjesec s najvišom bioraznolikosti po Shannonovom indeksu.

Na području Martinska 2018. godine obavljen je monitoring koristeći istu metodologiju kao u ovom radu kroz period od četiri mjeseca (siječanj, veljača, ožujak i travanj) u kojemu se utvrdilo 36 vrsta od kojih je 23 bilo od gospodarske važnosti (Iveša i sur., 2019). U siječnju i travnju 2019. godine ovim istraživanjem na istom prostoru utvrđeno je 46 vrsta od kojih je 34 bilo gospodarski značajno. Takve promjene sastava ihtiocenoze u razmaku jedne godine mogu biti pokazatelj promjena koje mogu biti uzrokovane različitim čimbenicima, ali za utvrđivanje stvarnog uzroka potrebno je provesti daljnja istraživanja.

Najbrojnije vrste, *S. maena* i *S. smarís* (brojčani udio 23 % i 20 %) najčešće su se pojavljivale u većim plovama, često iznad 100 jedinki na jednoj fotografiji. Takav se rezultat slaže s istraživanjem provedenim na istom lokalitetu 2018. godine od Aguzzi i sur. (2020) gdje su koristeći jednaku metodologiju u periodu od prva četiri mjeseca u godini utvrdili prevladavanje modraka (*S. maena*) s brojčanim udjelom od 20 %. Isangridis i sur. (1992) i Tsangridis i Filppous (1992) navode da se za vrijeme mrijesta navedene vrste ne skupljaju u plove. Ovim istraživanjem takvo je ponašanje potvrđeno za giru oblicu, dok je modrak zabilježen u velikim plovama, iako se u Jadranu mrijesti u rujnu i listopadu (Tsikliras i sur., 2010). Sezonalna prisutnost određena je temperaturnim optimumom koji kod gire oblice iznosi od 11 °C do 17 °C, a kod modraka 13 °C - 18.1 °C (Kaschner i sur., 2016). Prisutnost predatorskih vrsta mogla je utjecati na dnevne migracije ove vrste iz hladnijih, dubljih voda u plitke obalne zone. Modrak je pokazao preferenciju kretanja

u doba sumraka što može biti uzrokovano raspoloživom hranom i/ili zaštitom od danjih predatora (Pulcini i sur. 2008).

Orada (*S. aurata*) je u najvećem broju zabilježena u siječnju te je brojnost opadala do listopada kada je zabilježen najmanji broj jedinki. Jedinke zabilježene u listopadu dužinski su bile izrazito male i stoga se pretpostavlja da se radi o spolno nezrelom dijelu populacije, dok su se spolno zrele jedinke premjestile u dublja područja zbog mrijesta (Šegvić-Bubić i sur., 2011). Uvala Martinska povoljno je stanište zbog prisutnosti 49 uzgajališta školjkaša (<https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=415>) koji predstavljaju važnu komponentu u hranidbi. Osim toga, orada je okarakterizirana kao jedna od vrsta čija je povećana brojnost u morima povezana s trenutnim klimatskim promjenama (Coscia i sur., 2011).

Brojnija incidencija fratra, *D. vulgaris* u uvali Martinska u srpnju i listopadu 2019. godine može se povezati s podacima istraživanja provedenog u rezervatu Colls i Miralpeix Marine Reserve u Kataluniji (Aguzzi i sur., 2013). Kako su jedinke fratra potpuno izostale s istraživanog područja u hladnijem dijelu godine (siječanj) može se pretpostaviti da su kretanja ove vrste ovisna o okolišnim čimbenicima, naročito temperaturi (Sbragaglia i sur., 2019), što bi moglo biti povezano s mrijestom. Podaci o mrijestu fratra za Jadransko more oskudni su unatoč tomu što je vrsta gospodarski značajna. Većina istraživanja provedena su na južnim dijelovima Sredozemnog mora (Moiune i sur., 2011) i uz obale Portugala (Goncales i Ercini, 2000) pri čemu je utvrđeno da se fratar na tim područjima mrijesti u zimskim mesecima. Uspoređivanje točnog perioda mrijesta fratra s područja Jadrana i juga Sredozemlja u ovom slučaju ne bi bilo uputno zbog razlike u oceanografskim parametrima. Autori Jug - Dujaković i Glamuzina (1988) utvrdili su da držanjem fratra na prirodnim uvjetima južnog Jadrana (iznad 15 stupnjeva), spontani mrijest započinje u studenom. Tako je za područje uvale Martinska moguće da je povećana brojnost fratra (u listopadu 2019. godine) bila u svezi s aktivnosti intenzivnog hranjenja u periodu koji prethodi mrijestu kako bi jedinke skupile dovoljno energetske zaliha nužnih za mrijest. Za pretpostaviti je da fratar izraženije koristi produktivna obalna područja estuarija Krke za potrebe gomilanja energetske zaliha budući da se radi o produktivnom području. U prijašnjim istraživanjima utvrđeno je da fratar ne pokazuje izražene migracije tijekom sezone mrijesta te je područje obitavanja te vrste najčešće unutar jednog kvadratnog kilometra (Di Franco i sur., 2018). Međutim, u ovome se radu mogla primijetiti značajna razlika u brojnosti zabilježenih jedinki između ljetnih i zimskih mjeseca. U

siječnju (vrijeme povezano s mrijestom) je utvrđeno 307 jedinki te 2040 jedinki u listopadu (razdoblje koje prethodi mrijestu), što bi moglo ukazivati na sezonalne migracije te vrste tokom godine i potvrditi prethodne pretpostavke o etologiji fratara na estuariju Krke. Slične etološke osobine mogu se zamijetiti i kod špara, *Diplodus annularis* (Linnaeus, 1758) koji u siječnju i travnju 2019. godine nije zabilježen foto zapisima, dok se viša brojnost jedinki te vrste mogla uočiti u mjesecu srpnju i listopadu, kada su temperature mora znatno više. Također, špar (*D. annularis*) se mrijesti od travnja do kolovoza (Matić-Skoko i sur., 2007), a njegova najviša zabilježena brojnost utvrđena je u srpnju, tijekom perioda mrijesta, što bi moglo objasniti intenzivnije kretanje ove vrste. Za obje vrste (fratar i špar), pojašnjenje promjena brojnosti jedinki tokom godine mogu uz abiotičke faktore biti vezane i uz ontogene promjene, što je dokazano dosadašnjim istraživanjima (Macpherson, 1998).

Zubatac, *D. dentex* je utvrđen u brojnosti od 63 jedinke u travnju te 151 jedinki u srpnju 2019. godine (Slika 12.). Zubatac je u znatno nižoj brojnosti utvrđen u siječnju (7 jedinki), dok je u listopadu podvodnom video kamerom fotografirana samo jedna jedinka. Mrijest ove vrste se u Mediteranu odvija između ožujka i srpnja, kada se spolno zrele jedinke primiču plitkim obalnim zonama (Riera i sur., 1993). CCA analizom utvrđena je pozitivna korelacija pojavnosti zubaca i povećanja temperature. Riera i sur. (1993) dokazali su da se u kontroliranim uvjetima zubatac mrijesti na temperaturama iznad 15 °C. Rezultati dobiveni u ovome radu ukazuju na visoku pojavnost zubaca od travnja do srpnja te potvrđuju intenzivnije kretanje prema plićim zonama u periodu njegova mrijesta na području uvala Martinske. Izbor plijena zubaca u priobalju gravitira prema ribama i glavonošcima (Morales-Nin i Moranta, 1997), a obilna prisutnost sitnog plijena u uvali Martinska najvjerojatnije je privukla ovu vrstu koja tijekom razmnožavanja iskorištava većinu svojih energetske resursa (Morales-Nin i Moranta, 1997) te ih nakon mrijesta treba nadoknaditi pojačanom hranidbom.

Pripadnik porodice Moronidae, *D. labrax* (brancin), gospodarski je iznimno važna vrsta koja se mrijesti jedanput godišnje, od siječnja do ožujka (Treer i sur., 1995). Podaci ovog istraživanja dokazuju aktivnije kretanje brancina u periodu mrijesta pri čemu je tijekom istraživanog razdoblja najviše jedinki zabilježeno u siječnju 2019. godine (104), a ostale istraživane mjesece znatno manje (4 u travnju i 7 u svibnju). U listopadu nije zabilježena ni jedna jedinka. Rezultati analize kanoničke korespondencije ukazuju na pozitivnu korelaciju brojnosti

brancina i najnižeg saliniteta u siječnju. Radi se o izrazito eurihalnoj vrsti koja podnosi kolebanja saliniteta mora od 3 do 40 psu (Katavić i sur., 2005) i često zalazi u estuarijska područja (Boutet i sur., 2006) na kojima se odvija mrijest (Treer i sur., 1995). U siječnju je na istraživanoj lokaciji zabilježena prosječna vrijednost saliniteta od 30.52 psu što je veoma blizu optimalnoj vrijednosti koja približno iznosi od 27 do 28 psu (Katavić i sur., 2005). Po osobnoj procjeni fotografiranih jedinki brancina od strane autora i fenotipskoj analizi, najveći broj uočenih jedinki brancina uključio je jedinke veće od 30 centimetara (duljina pri kojoj dostižu spolnu zrelost), čime bi se mogle potvrditi sezonske migracije vezane uz mrijest. Također, u siječnju je zabilježena najveća brojnost vrste roda *Atherina* koja predstavlja važan plijen za brancina (Rodgakis i sur., 2009). S obzirom na veliku dostupnost plijena i povoljne abiotičke čimbenike moguće je pretpostaviti da je zadržavanje brancina na području istraživanja vezano uz hranidbu i mrijest.

U uvali Martinska gof (*S. dumerilii*) je zabilježen u najvećem broju tijekom zimskog razdoblja, točnije u siječnju s 18 jedinki. Takav se nalaz ne podudara s periodom mrijesta koji je u Mediteranu u svibnju i lipnju po navodima Andaloro (1993) i Andaloro i Pipitone (1997). Ovi autori tvrde da se gof zimi povlači u dublje slojeve mora, a ljeti primiče obali. Produktivna područja s puno hrane kao uvala Martinska prikazuju drugačije abiotičke i ekološke faktore od ostalih morskih zona (Basset i sur., 2013). Uz intenzivni dotok vode strujom iz Jonskog mora i Levantinskog bazena koja donosi vodu većeg saliniteta i temperature, zimi se može uočiti porast vrijednosti abiotičkih čimbenika, posebice temperature i saliniteta čije se maksimalne vrijednosti očitavaju u površinskom sloju mora (Viličić, 2014). Porast vrijednosti temperature i saliniteta uz zabilježenu obilnu prisutnost hrane pogoduje termofilnim vrstama poput gofa te je moguće njihovo zadržavanje u hladnijem dijelu godine. Također, viša temperatura mora srednjeg Jadrana u odnosu na sjeverni (Zore - Armanda, 2001; Lipizer i sur., 2014) može rezultirati migracijama termofilnih vrsta te zadržavanje na toplijim područjima tijekom zime (Sabates i sur., 2012). Zabilježenih 16 °C u siječnju 2019. godine na području uvale Martinska u okvirima je temperaturnog optimuma za gofa (Kaschner i sur., 2016).

Glavata želva (*C. caretta*) je osjetljiva (IUCN, 2022), dugoživuća predatorska vrsta morskih ekosustava. Karakterizira ju česta izmjena staništa, promjenama trofičkog statusa i ekoloških uloga (Bjorndal 2003; Casale i sur., 2008). Najveći broj jedinki vrste *C. caretta* zabilježen je u srpnju 2019. godine (7 jedinki), dok je u listopadu utvrđena samo jedna jedinka

glavate želve. Polovina i sur. 2004 utvrdili su preferencijalni temperaturni raspon obitavanja glavatih želvi, koji varira od 15 do 25 °C. To ukazuje da bi uvala Martinska mogla biti značajno područje kretanja ove vrste. Iako su zabilježene nomadske migracije glavatih želvi u Mediteranu, u većini slučajeva jasan migracijski put jedinki nije poznat (Casale i sur., 2007). Samo je za određene skupine želvi utvrđeno da se one kreću iz južnih dijelova Mediterana prema sjevernom Jadranu, pri čemu se juvenilne i adultne jedinke najčešće dolaze hraniti (Casale i sur., 2012). Iz priloženoga može se zaključiti da glavate želve posjećuju uvalu Martinsku te je u daljnjim istraživanjima potrebno zabilježiti njihovu prisutnost u svrhu određivanja stvarne brojnosti na tom području.

Izostanak herbivora proizlazi iz kategorizacije salpe (*S. salpa*) kao omnivora (OV) prema (Bauchot i Hureau, 1986), iako je u nekim izvorima navedena kao herbivorna vrsta (Havelange i sur., 1997). Međutim, iako malobrojne, pojavljivanje većih nektonskih predatorkih vrsta kao što je plavoperajna tuna (*T. thynnus*) u plitkim priobalnim vodama može biti osnova za daljnja istraživanja o kretanjima, ishrani i općenito o etologiji pelagičnih predatora u plitkim obalnim područjima.

Ukoliko se uzmu tri deskriptora navedena u smjernicama morske strategije (biološka raznolikost - D1, strane vrste - D2 i komercijalno značajne ribe, rakovi i školjkaši - D3) i stave u kontekst ovog istraživanja, moglo bi se reći da je stanjeorskog okoliša na području uvale Martinska dobro, iako bi za točniju ocjenu trebalo integrirati i nalaze koji bi proizašli analizom ostalih deskriptora.

Ovim istraživanjem obavljen je dosad najtemeljitiji monitoring ihtiofaune na području estuarija rijeke Krke što će doprinijeti boljem poznavanju bioloških i ekoloških značajki istraživanog područja. Sakupljeni podaci ukazuju da je istraženo područje važan koridor, stanište i eventualno mrijestilište za brojne morske vrste, među kojima su mnoge gospodarski važne, a neke i zakonom zaštićene. Također, visoka bioraznolikost i prisutnost ihtiofaune u različitim ontogenetskim fazama (od juvenilnih do odraslih jedinki) upućuju na ulogu istraživanog područja kao rastilišta. Korištenje video kamere u uvali Martinska pri determinaciji morske faune pokazalo se od velike koristi zbog dostupnosti podataka kroz cijelu godinu i malog broja jedinki koje nisu uspješno determinirane barem do razine roda (1,6 %). Korištena metodologija može poslužiti pri definiranju smjernica budućeg upravljanja i daljnjeg izvještavanja.

6. ZAKLJUČCI

1. U uvali Martinska utvrđene su sezonske razlike u prisutnosti i učestalosti pojavljivanja različitih vrsta morske faune.
2. Sezonske razlike u brojnosti i sastavu ihtiofaune su najizraženije u ljetnoj i zimskoj sezoni, a mogu se povezati s promjenama temperature i saliniteta. Vrste roda *Spicara* (*S. smaris* i *S. flexuosa*), *Atherina* sp. i *D. labrax* najbrojnije su u siječnju kada su vrijednosti saliniteta niske, dok je brojnost vrsta iz porodice Sparidae (rodovi *Diplodus* i rod *Pagellus*) najveća pri višim temperaturama mora.
3. Usprkos postojanju sezonskih razlika, s obzirom na ukupan broj zabilježenih vrsta na ispitivanom području, uvala Marinska može se smatrati biološki vrlo značajnim područjem.
4. Gospodarski značajne vrste riba sačinjavaju najveći udio u ukupnom broju svih determiniranih vrsta u uvali Martinska, od kojih su brojčano najzastupljenije ribe iz porodice Centracanthidae, Atherinidae, Mugilidae te od ljuskavki orada, *S. aurata*.
5. Prikupljeni podaci mogu poslužiti kao važan izvor informacija pri definiranju budućih mjera upravljanja za područje ekološke mreže Natura 2000 - Ušće Krke koje bi u budućnosti trebalo bit obuhvaćeno odgovarajućim Planom upravljanja.

7. LITERATURA

Aguzzi, J., Company, J.B. (2010): Chronobiology of deep-water decapod crustaceans on continental margins. *Advances in Marine Biology* 58, 155-225.

Aguzzi, J. Manuel, A., Condal, F., Guillen J., Nogueras, M., Del Rio, J., Costa, C., Menesatti, P., Puig, P., Sarda, F., Toma, D., Palanques, A. (2011): The new SEAFloor OBServatory (OBSEA) for remote and long-term coastal ecosystem monitoring. *Sensors* 11, 5850-5872.

Aguzzi, J., Chatzievangelou, D., Marini, S., Fanelli, E., Danovaro, R., Floegel, S., Lebris, N., Juanes, F., De Leo, F., Del Rio, J., Thomsen, L.S., Costa, C., Riccobene, G., Tamburini, C., Lefevre, D., Gojak, C., Poulain, P.M., Favali, P., Griffa A., Purser, A., Cline D., Edgington D., Navarro, J., Stefanni, J.S., Company, J.B., Rountree, R. (2019): New high-tech flexible networks for the monitoring of deep-sea ecosystems. *Environmental Science & Technology*.

Aguzzi, J., Company, J.B., Costa, C., Matabos, M., Azzurro, E., Manuel, A., Menesatti, P., Sarda, F., Canals, M., Delory, E., Cline, D., Favali, P., Juniper, S.K., Furushima, Y., Fujiwara, Y., Chiesa, J.J., Marotta, L., Bahamon, N., Priede, G.I. (2012): Challenges to the assessment of benthic populations and biodiversity as a result of rhythmic behaviour: Video solutions from cabled observatories. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 50, 233-284.

Aguzzi, J., Company, J.B., Costa, C., Menesatti, P., Garcia, J.A., Bahamon, N., Puig, P., Sardà, F. (2011): Activity rhythms in the deep-sea: A chronobiological approach. *Frontiers in Bioscience* 16, 131-150.

Aguzzi, J., Iveša, N., Gelli, M., Costa, C., Gavrilovic, A., Cukrov, N., Cukrov, M., Cukrov, Nu., Omanović, D., Štifanić, M., Marini, S., Piria, M., Azzurro, E., Fanelli, E., Danovaro, R. (2020): Ecological video monitoring of Marine Protected Areas by underwater cabled surveillance cameras. *Marine Policy*, 119, 104052.

Aguzzi, J., López-Romero, D., Marini, S., Costa, C., Berry, A., Chumbinho, R., Ciuffardi, T., Fanelli, E., Pieretti, N., Del Rio, J., Stefanni, S., Mirimin, L., Doyle, J., Lordan, C., Gaughan, P. (2020): Multiparametric monitoring of fish activity rhythms in an Atlantic coastal cabled observatory. *Journal of Marine Systems*, 103424.

Aguzzi, J., M̀anuel, A., Condal, F., Guillén, J., Nogueras, M., Del Rio, J., Costa, C., Menesatti, P., Puig, P., Sardà, F., Palanques, A. (2011): The New Seafloor Observatory (OBSEA) for Remote and Long-Term Coastal Ecosystem Monitoring. *Sensors* 11(6), 5850-5872.

Aguzzi, J., Sbragaglia, V., Santamaría, G., Del Río, J., Sarda, F., Nogueras, M., Mánuel, A. (2013): Daily activity rhythms in temperate coastal fishes: insights from cabled observatory video monitoring. *Marine Ecology Progress Series* 486, 223-236.

Andaloro, F. A., Potoschi, A., Porrello, S. (1992): Contribution to the knowledge of growth of greater amberjack *Seriola dumerili* (Cuv. 1817) in the Sicilian Channel (Mediterranean Sea). *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* 33, 282.

Andaloro, F., Pipitone, C. (1997): Food and feeding habits of the amberjack, *Seriola dumerili*, in the Central Mediterranean Sea during the spawning season. *Cahiers de Biologie Marine* 38, 91-96.

Azzurro, E., Pais A., Consoli, P., Andaloro, F. (2007): Evaluating day-night changes in shallow Mediterranean rocky reef fish assemblages by visual census. *Marine Biology* 151, 2245-2253.

Bakran-Petricioli, T. (2011): Manual for determination of marine habitats in Croatia according to EU Habitat Directive, Državni zavod za zaštitu prirode.

Basset, A., Elliott, M., West, R. J., Wilson J.G. (2013): Estuarine and lagoon biodiversity and their natural goods and services, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 132, 1-4.

Bauchot, M. L., Hureau, J.C. (1986): Sparidae. U: Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E. (ur.) *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*. volume 2. UNESCO, Paris, str. 883-907

Bjorndal, K.A. (1997): Foraging ecology and nutrition of sea turtles. U: Lutz P.L., Musick J.A. (ur.) *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, Boca Raton, str. 199-231

Bobek, I. (2020): Podvodni vizualni cenzus uvale Martinska, diplomski rad.

Boutet, I., Long Ky, C. L., Bonhomme, F. (2006): A transcriptomic approach of salinity response in the euryhaline teleost, *Dicentrarchus labrax*. *Gene* 379, 40-50.

Cardoso, I., França, S., Pais, M. P., Henriques, S., Cancela da Fonseca, L., Cabral, H. N. (2011): Fish assemblages of small estuaries of the Portuguese coast: A functional approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 93(1), 40-46.

Casale, P., Abbate, G., Freggi, D., Conte, N., Oliverio, M., Argano, R. (2008): Foraging ecology of loggerhead sea turtles *Caretta caretta* in the central Mediterranean Sea: evidence for a relaxed life history model. *Marine Ecology Progress Series* 372, 265-276.

Casale, P., Affronte, M., Scaravelli, D., Lazar, B., Vallini, C., Luschi, P. (2012): Foraging grounds, movement patterns and habitat connectivity of juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*) tracked from the Adriatic Sea. *Marine Biology* 159(7), 1527-1535.

Casale, P., Freggi, D., Basso, R., Vallini, C., Argano, R. (2007): A model of area fidelity, nomadism, and distribution patterns of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea. *Marine Biology* 152, 1039-1049.

Cetinić P., Jardas I., Pallaoro A. (1987): Ribolov ludrom, zagonicom i fružatom – analiza lovina, ispitivanje efikasnosti, selektivnost ispitivanih alata. *Studije i elaborati*, 1-43.

Condal, F., Aguzzi J., Sarda F., Nogueras M., Cadena J., Costa C., Del Rio J., Manuel A. (2012): Seasonal rhythm in a Mediterranean coastal fish community as monitored by a cabled observatory. *Marine Biology* 159, 2809-2817.

Coscia I., Vogiatzi E., Kotoulas G., Tsigenopoulos C.S., Mariani S. (2011): Exploring neutral and adaptive processes in expanding populations of gilthead seabream, *Sparus aurata* L., in the North-East Atlantic. *Heredity* 108, 537-546.

Costanza, R., d' Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., van den Belt, M. (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387 (6630), 253-260.

Damalas, D., Maravelias, C.D., Katsanevakis, S., Karageorgis, A.P., Papaconstantinou, C. (2010): Seasonal abundance of non-commercial demersal fish in the eastern Mediterranean Sea in relation to hydrographic and sediment characteristics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 89(1), 107-118.

Day J. W., Hall C. A. S., Kemp W. M., Yáñez-Arancibia A. (1989): *Estuarine Ecology*. John Wiley & Sons, New York.

De Raedemaeker F., Miliou A., Perkins R. (2010): Fish community structure on littoral rocky shores in the Eastern Aegean Sea: Effects of exposure and substratum. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 90, 35-44.

Deegan, L.A., Hughes, J.E., Rountree, R.A. (2000): Salt marsh support of marine transient species. U: Weinstein M., D. Kreeger D. (ur.) *Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, 333-365.

Di Franco, A., Plass-Johnson, J. G., Di Lorenzo, M., Meola, B., Claudet, J., Gaines, S. D., Guidetti, P. (2018). Linking home ranges to protected area size: The case study of the Mediterranean Sea. *Biological Conservation* 221, 175-181.

Dornelas, M., Madin, E.M.P., Bunce, M., Di Battista, J.D., Johnson, M., Madin, J.S., Magurran, A.E., McGill, B.J., Pettoelli, N., Pizarro, O., Williams, S.B., Winter, M., Bates, A.E. (2019): Towards a macroscope: leveraging technology to transform the breadth, scale and resolution of macroecological data. *Global Ecology Biogeography* 28, 1937-1948.

Dulcic, J., Fencil, M., Matic-Skoko, S., Kraljevic, M., Glamuzina, B. (2004): Diel catch variations in a shallow-water fish assemblage at Duce Glava, eastern Adriatic (Croatian Coast). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84, 659-664.

Elaborat zaštite okoliša Izmjena i dopuna zahvata akvakulture u zoni ušća rijeke Krke, Šibensko-kninska županija (2019).

Europska komisija (2008): Okvirne Direktive o morskoj strategiji (2008/56/EZ).

Fischer, S., Patzner, R.A., Müller, CH, Winkler, H.M. (2007): Studies on the ichthyofauna of the coastal waters of Ibiza (Balearic Islands, Spain). *Rostocker Meer Beiträge* 18, 30-62.

Glamuzina, B., Pešić, A., Joksimović, A., Glamuzina, L., Matic-Skoko, S., Conides, A., Klaoudatos, D., Zacharaki, P. (2014): Observations on the increase of wild gilthead seabream, *Sparus aurata* abundance in the eastern Adriatic Sea: Problems and opportunities. *International Aquatic Research* 6, 127-134.

Goncalves, J. M. S., Erzini, K. (2000): The reproductive biology of the two-banded sea bream (*Diplodus vulgaris*) from the southwest coast of Portugal. *Journal of Applied Ichthyology* 16(3), 110-116.

Hammer, O., Harper, D. A., Ryan, P. D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontology Electronica* 4, 9.

Handegard, N. O., Buisson, L., Brehmer, P., Chalmers, S. J., De Robertis, A., Huse, G., Godø, O. R. (2012): Towards an acoustic-based coupled observation and modelling system for monitoring and predicting ecosystem dynamics of the open ocean. *Fish and Fisheries* 14(4), 605-615.

Harmelin-Vivien, M.L., Francour, P. (2008): Trawling or visual censuses? Methodological bias in the assessment of fish populations in seagrass beds. *Ecology* 3, 41-51.

Havelange, S., Lepoint, G., Dauby, P., Bouquegneau, J.M. (1997): Feeding of the sparid fish *Sarpa salpa* in a seagrass ecosystem: Diet and Carbon Flux. *Marine Ecology* 18(4), 289-297.

Hollenbeck, J. P., Ripple, W. J. (2007): Aspen and Conifer Heterogeneity Effects on Bird Diversity in the Northern Yellowstone Ecosystem. *Western North American Naturalist* 67(1), 92-101.

Imboden, D. M. (1974): Phosphorus model of lake eutrophication, *Limnology and Oceanography* 19, 297-304.

Irigoyen, A.J., Galván, D.E., Venerus, L.A., Parma, A.M. (2012): Variability in abundance of temperate reef fishes estimated by visual census. *PLoS ONE* 8:e61072.

Iveša, N., Gavrilović, A., Cukrov, N., Omanović, D., Cukrov, M., Piria M., Gelli, M., Gobić, K., Štifanić, M., Marini, S., Fanelli, E., Aguzzi, J. (2019): Upotreba podvodne video kamere za procjenu učestalosti pojavljivanja gospodarski važnih vrsta riba na postaji Martinska kraj Šibenika. 54. hrvatski i 14. međunarodni simpozij agronoma, 363-367.

Jug-Dujaković, J., Glamuzina, B. (1988): Preliminary studies of reproduction and early life history of *Diplodus vulgaris* (E. Geoffroy Saint-Hilaire 1817) in captivity. *Aquaculture* 69 (3-4), 367-377.

Komisija Europske Unije (1992): Direktiva 92/43/EEC od 21.5. 1992 o zaštiti prirodnih staništa i divlje flore i faune.

Kontoyiannis, H., Krestenitis, I., Petihakis, G., Tsirtsis, G. (2005): Coastal areas: circulation and hydrological features. U: Papanthassiou, E., Zenetos, A. (ur.) State of the Hellenic Marine Environment. HCMR, Athens, str. 95-103.

Krebs, C. J. (1989): *Ecological Methodology*. Harper- Collins Publishers, New York. str. 654.

Laffaille, P., Acou, A., Guillouet, J. (2005): The yellow European eel (*Anguilla anguilla* L.) may adopt a sedentary lifestyle in inland freshwaters. *Ecology of Freshwater Fish* 14(2), 191-196.

Leggett, W. C. (1977): The Ecology of Fish Migrations. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 8, 285-308.

Lipizer, M., Partescano, E., Rabitti, A., Giorgetti, A., Crise, A. (2014): Qualified temperature, salinity and dissolved oxygen climatologies in a changing Adriatic Sea. *Ocean Science* 10(5), 771-797.

Locascio, J., Mann, D., Wilcox, K. Luther, M. (2018): Incorporation of acoustic sensors on a coastal ocean monitoring platform for measurements of biological activity. *Marine Technology Society Journal* 52(3), 64-70.

Loudon, A.S.I. (2012): Circadian biology: a 2.5 billion year old clock. *Current Biology* 22, 570-571.

Macpherson, E. (1998): Ontogenetic shifts in habitat use and aggregation in juvenile sparid fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 220(1), 127-150.

Mallet, D., Pelletier, D. (2014): Underwater video technique for observing marine biodiversity: A review of sixty years of publications (1952–2012). *Fisheries Research* 154, 44-62.

Maravelias, C., Tsitsika E., Papaconstantinou C. (2007): Evidence of Morocco dentex (*Dentex maroccanus*) distribution in the NE Mediterranean and relationships with environmental factors determined by generalized additive modelling. *Fisheries Oceanography* 16, 294-302.

Marguš, D., Teskeredžić, E. (2005): Prihvat ličinki, preživljavanje i rast jakovskih kapica *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758). *Ribarstvo* 63 (1), 1-14.

Marini, S., Corgnati, L., Mantovani, C., Bastianini, M., Ottaviani, E., Fanelli, E., Poulain, P.M. (2018): Automated estimate of fish abundance through the autonomous imaging device GUARD1. *Measurement* 126, 72-75.

Matić-Skoko, S., Staglačić, N., Kraljević, M., Pallaoro, A., Tutman, P., Dragičević, B., Grgičević, R., Dulčić, J. (2010): Croatian artisanal fisheries and the state of littoral resources on the threshold of entering the EU: effectiveness of conventional management and perspectives for the future. *Acta Adriatica* 51(1), 9-33.

Mirimin, L., Desmet, S., Romero, D. L., Fernandez, S. F., Miller, D. L., Mynott, S., Gonzalez, A.B., Stefanni, S., Berry, A., Gaughan, P., Aguzzi, J. (2021): Don't catch me if you can – Using cabled observatories as multidisciplinary platforms for marine fish community monitoring: An in situ case study combining Underwater Video and environmental DNA data. *Science of The Total Environment* 773, 145351.

Mouine, N., Francour, P., Ktari M. H., Chakroun-Marzouk, N. (2011): Reproductive biology of four *Diplodus* species *Diplodus vulgaris*, *D. annularis*, *D. sargus sargus* and *D. puntazzo* (Sparidae) in the Gulf of Tunis (central Mediterranean). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 623-631.

Morales-Nin, B., Moranta, J. (1997): Life history and fishery of the common dentex (*Dentex dentex*) in Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Fisheries Research* 30(1-2), 67-76.

Polovina, J. J., Balazs, G. H., Howell, E. A., Parker, D. M., Seki, M. P., Dutton, P. H. (2004): Forage and migration habitat of loggerhead (*Caretta caretta*) and olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) sea turtles in the central North Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography* 13(1), 36-51.

Potter, I. C., Hyndes, G. A., Baronie E M. (1992): The fish fauna of a seasonally closed Australian estuary. Is the prevalence of estuarine-spawning species high? *Marine Biology* 116, 19-30.

Pulcini, D., Costa, C., Aguzzi, J., Cataudella, S. (2008): Light and shape: a contribution to demonstrate morphological differences in diurnal and nocturnal teleosts. *Journal of Morphology* 269, 375-385.

Pusceddu, A., Gambi, C., Manini, E., Danovaro, R. (2007): Trophic state, ecosystem efficiency and biodiversity of transitional aquatic ecosystems: analysis of environmental quality based on different benthic indicators. *Chemical Ecology* 23, 505-515.

Radeljak, P., Pejnović D. (2008): Utjecaj turizma na održivi razvoj funkcionalne regije nacionalnog parka Krka. *Godišnjak Titius*, 329-361.

Refinetti, R. (2006): *Circadian physiology*. Francis and Taylor, New York.

Relini G, Relini M, Torchia G, Palandri G (2002): Ten years of censuses of fish fauna on the Loano artificial reef. *ICES J Marine Science* 59, 132-137.

Ribeiro, J., Bentes, L., Coelho, R., Gonçalves, J. M. S., Lino, P. G., Monteiro, P., Erzini, K. (2006): Seasonal, tidal and diurnal changes in fish assemblages in the Ria Formosa lagoon (Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67(3), 461-474.

Rogdakis, Y., Ramfos, A., Koukou, E., Dimitrou, E., Katselis, G. (2010): Feeding habits and trophic level of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in the Messolonghi - Etoliko lagoon complex (Western Greece). *Journal of biological research - Thessaloniki* 13, 13-26.

Rountree, R., Aguzzi, J., Marini, S., Fanelli, E., De Leo, C.F., Del Rio, J., Juanes, F. (2020): Towards an Optimal Design for Ecosystem-Level Ocean Observatories, in: *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review (OMBAR)*.

Rountree, R.A., Able, K.W. (2007): Spatial and temporal habitat use patterns for salt marsh nekton: Implications for functions. *Aquatic Ecology* 41, 25-45.

Rountree, R.A. (1992): Fish and macroinvertebrate community structure and habitat use patterns in salt marsh creeks of southern New Jersey, with a discussion of marsh carbon export. Ph.D. Dissertation, Rutgers, The State University of New Jersey, United States of America.

Ruhl, H.A., Andréb, M., Beranzoli, L., Çağatay, N.M., Colacoe, A., Cannat, M, Danobeitia, J.J., Favali, P., Gélih, L., Gillooly, M., Greinert, J., Hall, P.O.J., Huber, R., Karstensen, J., Lampitt, R.S., Larkin, K.E., Lykousis, V., Mienert, J., de Miranda, J.M.A., Person, R., Priede, I.G., Puillat, I., Thomsen, L., Waldmann, C. (2011): Societal need for improved understanding of climate change, anthropogenic impacts, and geo-hazard warning drive development of ocean observatories in European Seas. *Progress in Oceanography* 91, 1-33.

Ruppert, K.M., Kline, R.J., Rahman, S. (2019): Past, present, and future perspectives of environmental DNA (eDNA) metabarcoding: a systematic review in methods, monitoring, and applications of global eDNA. *Global Ecology and Conservation* 17.

Sabatés, A., Martín, P., Raya V. (2012): Changes in life - history traits in relation to climate change: bluefish (*Pomatomus saltatrix*) in the northwestern Mediterranean. *Journal of Marine Science* 69(4), 1-10.

Şahin, T., Genç, Y., (1995): Some Biological Characteristics of Picarel (*Spicara smaris*, Linnaeus 1758) in the Eastern Black Sea Coast of Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 23, 149-155.

Santos, M.N., Monteiro, C., Lasserre, G. (2005): Observations and trends on the intra-annual variation of the fish assemblages on two artificial reefs in Algarve coastal waters (southern Portugal). *Scientia Marina* 69, 415-426.

Sbragaglia, V., Nuñez, J. D., Dominoni, D., Coco, S., Fanelli, E., Azzurro, E., Aguzzi, J. (2019): Annual rhythms of temporal niche partitioning in the Sparidae family are correlated to different environmental variables. *Scientific Reports* 9, 1.

Seaman, W. (2007): Artificial habitats and restoration of degraded marine ecosystems and fisheries. *Hydrobiologia* 580, 143-155.

Skaramuca, B., Kožul, V., Katavić, I., Glavić, N., Tutman, P., Grubišić, L., Glamuzina, B. (2000): Recent advances on the diversification of marine finfish species in Croatia. Proceedings of the seminar of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean. Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification. *Cahiers Options méditerranéennes* 47, 360-363

Sola, L., Moretti, A., Crosetti, D., Karaiskou, N., Magoulas, A., Rossi, A.R., Rye, M., Triantafyllidis, A., Tsigenipoulos, C.S. (2006): Evaluation of genetic impact of a aquaculture activities on native 33 populations. A European network, WP1, "Genetics of domestication, breeding and enhancement of performance of fish and shellfish". Genimpact project, Viterbo, Italy, str. 66.

Stagličić, N., Matic-Skoko, S., Pallaoro, A., Grgičević, R., Kraljević, M., Tutman, P., Dragičević, B., Dulčić, J. (2011): Long-term trends in the structure of Eastern Adriatic littoral fish assemblage: Consequences for fisheries management. *Estuarine, coastal and shelf sciences* 94, 263-271.

Stergiou, K. I., Karpouzi, V. S. (2002): Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Reviews in fish biology and fisheries* 11(3), 217-254.

Supić, N., Orlić, M. (1992): Annual cycle of sea surface temperature along the east Adriatic coast. *Geofizika* 9, 79-97.

Šegvić-Bubić, T., Grubišić, L., Karaman, N., Tičina, V., Mišlov Jelavić, K., Katavić, I. (2011): Damages on mussel farms potentially caused by fish predation – self service on the ropes? *Aquaculture* 319 (1), 497-50.

Treer, T., Safner, R., Ančić, I., Lavrinov, M. (1995): *Ribarsvo*. Nakladni zavod globus, Zagreb str. 464.

Tsangridis, A., Filippousis, N. (1992): Growth pattern of picarel, *Spicara smaris* (Centrarchidae), a protogynous species. *Cybium* 16(3), 233-243.

Tsikliras, A. C., Antonopoulou E., Stergiou K. I. (2010): Spawning period of Mediterranean marine fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 20, 499-538.

Tutman, P., Glavic, N., Kožul, V., Antolovic, N., Skaramuca, B. (2010): Diel fluctuations in juvenile dominated fish assemblages associated with shallow seagrass and bare sand in southern Adriatic Sea, Croatia. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* 39, 688.

Viličić, D. (2014): Specifična oceanološka svojstva hrvatskog dijela Jadrana. *Hrvatske vode* 90, 297-314.

Vlada Republike Hrvatske (2018): Narodne novine br. 112/14., 39/17. i 112/18, Uredba o izradi i provedbi dokumenata Strategije upravljanja morskim okolišem i obalnim područjem.

Vlada Republike Hrvatske. (2019): Narodne novine, 137/19. Zakon o zaštiti prirode.

Wolanski, E., Elliott, M. (2016): Estuarine ecological structure and functioning. *Estuarine Ecohydrology*, 157–193.

Zaiko, A., Pochon, X., Garcia-Vazquez, E., Olenin, S., Wood, S.A. (2018): Advantages and limitations of environmental DNA/RNA tools for marine biosecurity: management and surveillance of non-indigenous species. *Frontiers in Marine Science* 5, 322.

Zakon o akvakulturi, N.N. br. 130/17, 111/18 i 144/20.

Zore - Armanda M. (2001): Razvoj fizičke oceanografije u Jadranu. *Pomorski zbornik* 38(1), 301-331.

Internetske stranice:

1. <https://priroda-skz.hr/natura-2000-u-skz/> [pristupljeno 10.12.2022].
2. IUCN (2022) IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021.3. <http://www.iucnredlist.org> [pristupljeno 29.01.2022].
3. Froese, R., Pauly, D. (2009): FishBase. www.fishbase.org. Pristupljeno 10.8.2021
4. Kaschner, K., Kesner-Reyes K., Garilao C., Rius-Barile J., Rees T., Froese R. (2016): AquaMaps: predicted range maps for aquatic species. World wide web electronic publication, www.aquamaps.org.

8. PRILOG

Prilog 1. Tablica brojnosti vrsta i jedinki po mjesecima, TL (trofička razina), FTG (Stupanj hranidbe) (Froese i Pauly, 2009). Komercijalno značajne vrste označene su zvjezdicom.

Razred	Red	Porodica	Vrsta	Hrvatsko ime	Kod	TL	FT G	Siječanj	Travanj	Srpanj	Listopad	Total	%	Komercijalni značaj	
Actinopterygii	Perciformes	Bleniidae	<i>Lipophrys</i> sp.					0	0	0	1	1	0.002		
		Carangidae	<i>Lichia amia</i> (Linnaeus, 1758)	Lica bjelica	LiAm	4.5	CC	0	1	0	4	5	0.009	*	
			<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	Gof	SeDu	4.1	CC	18	1	0	5	24	0.043	*	
			<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus 1758)	Gira oblica	SpSm	3	OA	7022	4265	0	3	11290	20.301	*	
		Centracanthidae	<i>Spicara flexuosa</i> (Rafinesque, 1810)	Gira oštrulja	SpFl	4.2	OA	400	4	0	0	404	0.726	*	
			<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	Modrak	SpMa	3.25	OA	1215	5222	40	6691	13168	23.678	*	
			<i>Pomatoschistus</i> sp.					0	3	0	0	3	0.005		
		Gobiidae	<i>Pseudaphya ferreri</i> (de Buen & Fage, 1908)	Glavočić pelagični	PsFe	3.1	OA	3	0	8	80	91	0.164		
			<i>Labrus merula</i> (Linnaeus, 1758)	Vrana	LaMe	3.6	OA	0	1	0	0	1	0.002	*	
			<i>Coris julis</i> (Linnaeus, 1758)	Knez	CoJu	3.39	OA	16	47	103	13	179	0.322		
			<i>Symphodus ocellatus</i> (Forsskal, 1775)												
		Labridae	<i>Symphodus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	Pavlinka	SyOc	3.5	OA	0	2	0	0	2	0.004		
			<i>Symphodus tinca</i> (Linnaeus, 1758)	Podujka Lumbrak	SyMe SyTi	3.16 3.33	OA OA	3 93	130 543	7 441	2 358	142 1435	0.255 2.580		
			<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)	Lubin	DiLa	3.5	CC	104	4	7	0	115	0.207	*	
		Moronidae													
		Mugilidae	<i>Mugil</i> sp.		Mug	2.5	OA	1697	783	654	1076	4210	7.570	*	
			<i>Mullus</i> sp.					0	0	0	2	2	0.004	*	
		Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i> (Linnaeus, 1758)	Trlja kamenjarka	MuSu	3.34	OA	165	4	0	297	466	0.838	*	
			<i>Mullus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)	Trlja blatarica	MuBa	3.29	OA	10	1	0	0	11	0.020	*	
			<i>Auxis rochei</i> (Risso, 1810)	Rumbac	AuRo	4.4	CC	2	0	0	0	2	0.004	*	
			<i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)												
		Scombridae	<i>Sarda sarda</i> (Bloch, 1793)	Luc Palamida	EuAl SaSar	4.5 4.5	CC CC	4	0	0	0	4	0.007 0.000	* *	
			<i>Thunnus</i> sp.					4	0	0	0	4	0.007	*	
			<i>Thunnus thynnus</i> (Linnaeus, 1758)	Plavoperajna tuna	ThTh	4.3	CC	0	1	0	0	1	0.002	*	
			<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)	Vučić	SeHe	3.63	OA	315	613	617	475	2020	3.632		
		Serranidae	<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)	Pirka	SeSc	3.84	CD	141	780	1362	1020	3303	5.939		
			<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Bukva	BoBo	3.12	OA	407	1403	0	23	1833	3.296	*	
			<i>D. annularis</i> (Linnaeus, 1758)	Špar	DiAn	3.19	OA	0	0	206	13	219	0.394	*	
			<i>Diplodus puntazzo</i> (Walbaum, 1792)												
		Sparidae	<i>Dipolodus sargus sargus</i> (Linnaeus, 1758)	Pic	DiPu	3.08	OA	161	271	280	153	865	1.555	*	
			<i>Dipolodus vulgaris</i> (Geoffroy, 1817)	Šarag	DiSa	3.25	OA	26	1	22	45	94	0.169	*	
			<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)	Fratar	DiVu	3.26	OA	4	49	5	312	370	0.665	*	
			<i>Oblada melanura</i> (Cuvier, 1829)	Ovčica	LiMo	3.21	OA	0	0	15	7	22	0.040	*	
			<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)	Ušata			3.4	OA	4	6	21	78	109	0.196	*
			<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	Arbun	PaEr	3.37	OA	307	675	1338	2040	4360	7.840	*	
		Trachinidae	<i>Spondyliosoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)	Salpa	SaSa	2.11	OV	917	1179	1032	1111	4239	7.622	*	
			<i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758)	Kantar	SpCa	3.44	OA	3	0	0	1	4	0.007	*	
			<i>Sparus aurata</i> (Linnaeus, 1758)	Zubatac	DeDe	4.5	CC	7	63	151	1	222	0.399	*	
			<i>Trachinus draco</i> (Linnaeus, 1758)	Komarča	SpAu	3.42	OA	1001	489	598	158	2246	4.039	*	
				Pauk bijelac	TrDr	4.19	CC	0	1	0	0	1	0.002	*	

Elasmobranchii	Scorpaeniformes	Triglidae	<i>Chelidonichthys</i> sp. <i>Chelidonichthys lastoviza</i> (Bonnaterre, 1788)	Lastavica	ChLa	3.5	OA	0	6	0	0	6	0.011	*
	Atheriniformes	Atherinidae	<i>Atherina</i> sp.		Ath	3.3	OA	1890	0	501	0	2391	4.299	*
	Clupeiformes	Clupeidae	<i>Sprattus</i> sp.		SpSp	3	OV	170	0	100	900	1170	2.104	*
	Rajiformes	Rajidae	<i>Raja</i> sp.					0	0	396	1	397	0.714	*
	Torpediniformes	Torpedinidae	<i>Torpedo marmorata</i> (Risso, 1810)	Drhtulja šarulja	ToMa	4.47	CC	1	0	0	0	1	0.002	
Reptilia	Testudines	Cheloniidae	<i>Caretta caretta</i> (Linnaeus, 1758)	Glavata želva		3.01	OA	0	0	7	1	8	0.014	
Aves	Pelecaniformes	Phalacrocoratidae	<i>Phalacrocorax aristotelis</i> (Linnaeus, 1761)	Morski vranac		3.71	CC	5	3	3	0	11	0.020	
Asteroidea	Forcipulatida	Asteriidae	<i>Marthasterias glacialis</i> (Linnaeus, 1758)	Kvrgava zvjezdača		2.44	CC	3	40	42	7	92	0.165	
	Spinulosida	Echinasteridae	<i>Echinaster (Echinaster) sepositus</i> (Retzius, 1783)	Crvena zvjezdača		2.44	OA	0	11	16	0	27	0.049	
Malacostraca	Decapoda	Majidae	<i>Maja crispata</i> (Risso, 1827)	Bradavičasta rakovica		2.67	OA	1	3	10	0	14	0.025	*
Bivalvia	Ostreoida	Pectinidae	<i>Pecten jacobaeus</i> (Linnaeus, 1758)	Jakobova kapica		2.28	OV	1	1	0	0	2	0.004	*
Cephalopoda	Myopsida	Loliginidae	<i>Loligo vulgaris</i> (Lamarck, 1798)	Europska lignja		4.25	CD	0	4	0	0	4	0.007	*
	Octopoda	Octopodidae	<i>Eledone moscata</i> (Cuvier, 1797)	Muzgavac		3.87	CD	1	0	0	0	1	0.002	*
	Sepiida	Sepiidae	<i>Sepia officinalis</i> (Linnaeus, 1758)	Obična sipa		3.87	CD	3	4	5	2	14	0.025	*
								16126	16616	7988	14882	55612	100	39

9. ŽIVOTOPIS

Rođen sam 17. siječnja 1997. godine u Puli gdje sam završio talijansku osnovnu školu Giuseppina Martinuzzi Pula. Godine 2011. upisao sam Jezičnu gimnaziju talijanske srednje škole Dante Alighieri u Puli i maturirao 2015. godine. Iste godine, upisao sam se na preddiplomski studij Znanost o moru na Odjelu za prirodne i zdravstvene studije Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te sam u rujnu 2019. godine obranio završni rad pod naslovom "Utjecaj ribolovnog alata na kvalitetu i tržišnu vrijednost sipe, *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758)" pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ane Gavrilović i završio navedeni studijski program stekavši titulu prvostupnika struke (baccalaureus) Znanosti o moru. Tijekom studija u 2018. godini bio sam prvi autor rada prve međunarodne studentske GREEN konferencije u Osijeku u kojoj je objavljeni rad "Plava revolucija"- novi korak prema održivoj budućnosti osvojio drugo mjesto od nekoliko stotina natjecatelja. Godine 2019. upisao sam Diplomski studij ekologije i zaštite prirode na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.