

Morfologija sakularnih otolita nedoraslih i odraslih jedinki škrpuna, *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) u istočnom Jadranu

Granić, Nikolina

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:226:009793>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Marine Studies](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
DIPLOMSKI STUDIJ EKOLOGIJA I ZAŠTITA MORA

Nikolina Granić

MORFOLOGIJA SAKULARNIH OTOLITA
NEDORASLIH I ODRASLIH JEDINKI
ŠKRPUNA, *SCORPAENA PORCUS* (LINNAEUS, 1758) U
ISTOČNOM JADRANU

Diplomski rad

Split, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
DIPLOMSKI STUDIJ EKOLOGIJA I ZAŠTITA MORA

MORFOLOGIJA SAKULARNIH OTOLITA
NEDORASLIH I ODRASLIH JEDINKI
ŠKRPUNA, *SCORPAENA PORCUS* (LINNAEUS, 1758) U
ISTOČNOM JADRANU

Diplomski rad

Predmet: Fiziologija morskih organizama

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Josipa Ferri

Student:

Nikolina Granić

Split, lipanj 2024.

Sveučilište u Splitu
Sveučilišni odjel za studije mora
Diplomski studij Ekologija i zaštita mora

Diplomski rad

**MORFOLOGIJA SAKULARNIH OTOLITA NEDORASLIH I ODRASLIH JEDINKI
ŠKRUPUNA, *SCORPAENA PORCUS* (LINNAEUS, 1758) U ISTOČNOM JADRANU**

Nikolina Granić

Sažetak

U ovom radu analizirano je ukupno 89 jedinki vrste *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) s područja istočnog Jadrana. Otoliti vrste *S. porcus* su uglavnom duguljastog oblika s nazubljenim rubovima, a razlika između otolita odraslih i nedoraslih jedinki vidi se u razvijenosti *antirostruma*. Ukupna dužina tijela (Lt) svih jedinki se nalazila u rasponu od 3,7 do 24,5 cm, a raspon mase (W) varirao je od 0,78 do 310 g. Dužinsko-maseni odnos opisan je jednadžbom: $W = 0,014 \times Lt^{3.124}$. Veze između morfometrijskih parametara tijela jedinki (dužina, masa) i parametara otolita (dužina, masa, debljina, širina) opisane su nelinearnim modelom, a masa otolita se pokazala kao najbolji prediktor ukupne dužine tijela kod odraslih jedinki, dok je kod nedoraslih jedinki to bila debljina otolita.

(32 stranice, 25 slika, 12 tablica, 33 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: *Scorpaena porcus*, otoliti, morfologija, morfometrija

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Josipa Ferri

Ocjenjivači: 1. Doc. dr. sc. Frano Matić

2. Doc. dr. sc. Marin Ordulj

3. Izv. prof. dr. sc. Josipa Ferri

University of Split
Department of Marine Studies
Graduate study Marine Ecology and Protection

MSc Thesis

**MORPHOLOGY OF SACCULAR OTOLITHS OF JUVENILE AND ADULT
SCORPAENA PORCUS (LINNAEUS, 1758) IN THE EASTERN ADRIATIC**

Nikolina Granić

Abstract

In this study, a total of 89 individuals of *Scorpaena porcus* (Linnaeus, 1758) from the Eastern Adriatic were analyzed. Otoliths of *S. porcus* are predominantly elongated with serrated edges, and differences between otoliths of adult and juvenile individuals manifest in the development of the antirostrum. The total body length (TL) ranged from 3.7 to 24.5 cm, with a corresponding weight (W) range of 0.78 to 310 g. The length-weight relationship was described by the equation: $W = 0.014 \times TL^{3.124}$. Relationships between morphometric parameters of the fish (length, weight) and otolith parameters (length, weight, thickness, width) were modelled using nonlinear models. Otolith weight emerged as the best predictor of total length in adult individuals, while in juveniles, otolith thickness was the best primary predictor.

(32 pages, 25 figures, 12 tables, 33 references, original in: Croatian)

Keywords: *Scorpaena porcus*, otoliths, morphology, morphometry

Supervisor: Josipa Ferri, PhD / Associate Professor

Reviewers: 1. Frano Matic, PhD / Assistant Professor
2. Marin Ordulj, PhD / Assistant Professor
3. Josipa Ferri, PhD / Associate Professor

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Povijest istraživanja otolita.....	3
1.2. Pregled dosadašnjih istraživanja.....	5
1.3. Svrha i ciljevi rada	5
2. MATERIJALI I METODE	7
2.1. Prikupljanje i obrada uzoraka	7
2.2. Morfološka i morfometrijska obilježja otolita.....	8
3. REZULTATI.....	9
3.1. Analiza sastava populacije vrste <i>Scorpaena porcus</i> u istočnom Jadranskom moru.....	9
3.2. Morfologija otolita vrste <i>Scorpaena porcus</i> u istočnom Jadranskom moru.....	13
3.3. Morfometrija otolita vrste <i>Scorpaena porcus</i> u istočnom Jadranskom moru.....	14
3.4. Odnosi između morfometrijskih parametara tijela i morfometrijskih parametara otolita škrpuna.....	15
3.4.1. Odnos dužine tijela i dužine otolita škrpuna	17
3.4.2. Odnos dužine tijela i mase otolita	18
3.4.3. Odnos dužine tijela i širine otolita	19
3.4.4. Odnos dužine tijela i debljine otolita	20
3.4.5. Odnos mase tijela i dužine otolita	21
3.4.6. Odnos mase tijela i mase otolita	22
3.4.7. Odnos mase tijela i širine otolita.....	23
3.4.8. Odnos mase tijela i debljine otolita.....	24
3.5. Površina otolita vrste <i>Scorpaena porcus</i> u istočnom Jadranskom moru	25
3.5.1. Usporedba između različitih ulovnih zona istočnog Jadrana.....	25
4. RASPRAVA.....	27
5. ZAKLJUČCI.....	29
6. LITERATURA.....	30

1. UVOD

Porodica Scorpaenidae broji više od 1400 vrsta i smatra se jednom od najraznovrsnijih skupina riba na svijetu (Turan i sur., 2009). Škrpun, *Scorpaena porcus* (Linneaus, 1758) jedna je od najraširenijih i najznačajnijih komercijalnih vrsta porodice Scorpaenidae u Sredozemnom i Jadranskom moru (Pallaoro i Jardas, 1991). Obitava pretežno između 5 i 15 metara ispod površine na kamenitom i kamenito-pješčanom infralitoralnom dnu, a u Jadranu može narasti do 35 cm duljine i 0,80 kg težine (Grubišić, 1982). Tipično, *S. porcus* ima tamnu boju tijela koja se kreće od nijansi smeđe preko crvene do crne (Slika 1) što ovoj vrsti pomaže da se dobro uklopi u svoje stanište (Pashkov i sur., 1999). Uglavnom se hrani bentoskim pokretnim plijenom kao što su male ribe, rakovi i drugi beskralježnjaci (Pallaoro i Jardas, 1991). U Sredozemnom moru ova vrsta predstavlja ciljanu vrstu za profesionalni (obalni ribolov mrežama stajaćicama) i rekreacijski (podvodnim puškama) ribolov te se smatra gastronomski vrijednom vrstom (Koca, 2002). Škrpun se razlikuje od ostalih srodnih vrsta po sporom rastu i relativno kratkom životnom vijeku, s maksimalnom zabilježenom starošću od 12 godina (Kutsyn i sur., 2019).

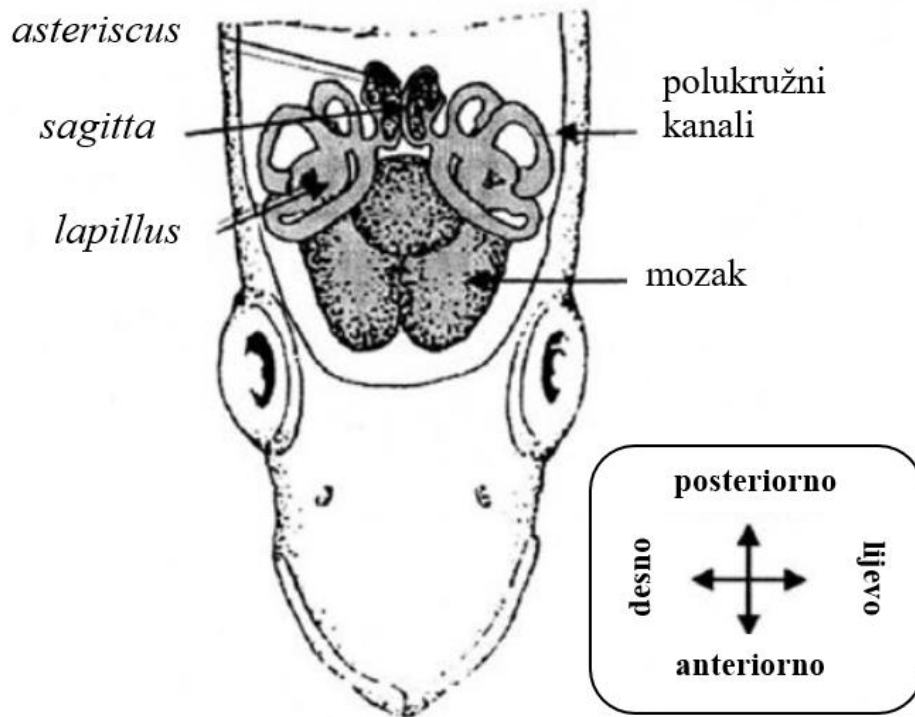


Slika 1. *Scorpaena porcus* (izvor: <https://adriaticnature.me/archives/1042>).

Otoliti, sitni strukturni elementi smješteni unutar unutarnjeg uha svih koštunjača, sačinjeni su od kalcijevog karbonata (CaCO_3), uglavnom u obliku aragonita (Rodríguez Mendoza, 2006). Njihove karakteristike i osjetljivost na promjene u okolišu omogućuju im

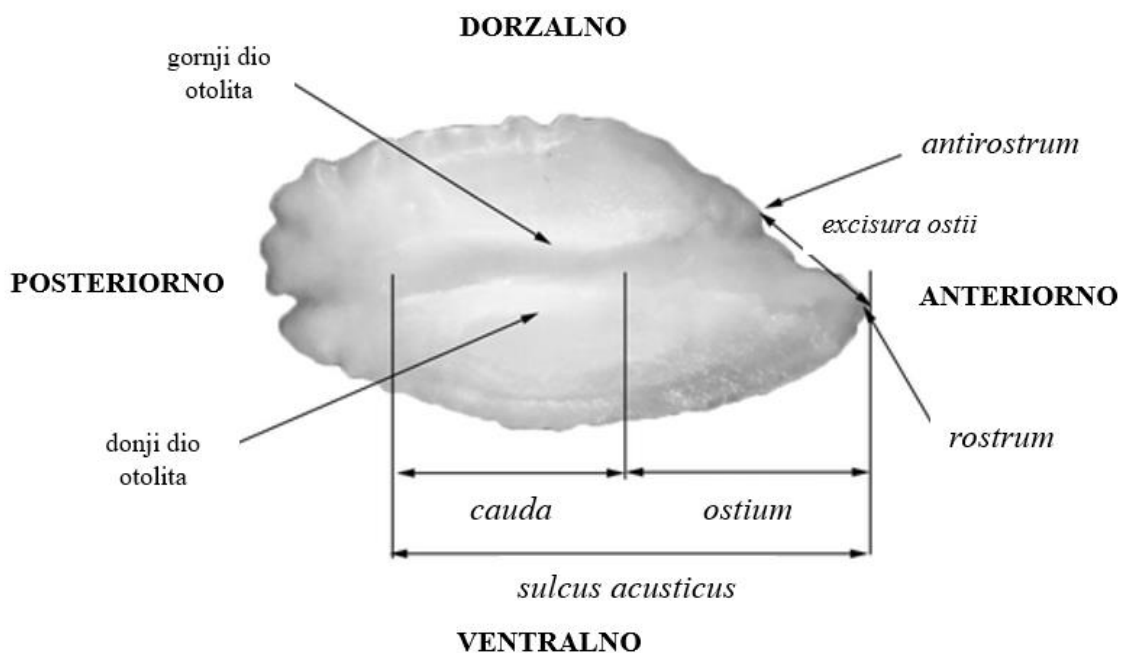
široku primjenu u istraživanjima pa se tako upotrebljavaju za procjenu starosti i identifikaciju vrsta, u ekomorfološkim analizama, kao i za utvrđivanje identiteta ribljeg plijena (Škeljo i Ferri, 2011). S trostruko većom gustoćom od vode i ostalih tkiva u tijelu ribe, otoliti reagiraju na različite podražaje vibrirajući pri različitim frekvencijama tijekom oscilacija tijela. Ove vibracije detektiraju osjetne stanice koje zatim prenose informacije do središnjeg živčanog sustava (Popper i sur., 2005).

Unutarnje uho ispunjeno tekućinom čini se krhko, ali je iznenađujuće čvrsto i sastoji se od mreže međusobno povezanih polukružnih kanala. Iako se struktura unutarnjeg uha neznatno razlikuje među vrstama, sve imaju tri para komora s otolitom u svakoj (Popper i Hoxter, 1981), čiji su latinski nazivi *sagitta*, *lapillus* i *asteriscus* (Slika 2). Sakularni otolit (*sagitta*) je najveći i upravo zbog svoje veličine je najčešće korišten u različitim istraživanjima (Tuset i sur., 2008).



Slika 2. Položaj otolita u unutarnjem uhu, dorzalni prikaz (izvor: Payan i sur., 2004).

Duž medijalnog (središnjeg) dijela otolita prostire se uska depresija, *sulcus acusticus*. Ista je podijeljena na anteriorni dio (*ostium*) i posteriorni dio (*cauda*). Anteriorni dio je uglavnom izbočen i čine ga *rostrum*, *antirostrum* i *excisura ostii* dok se u posteriornom dijelu nalaze slične strukture, odnosno *postrostrum* i *excisura caudalis* (Slika 3) (Tuset i sur., 2008).



Slika 3. Dijelovi sagitalnog otolita (izvor: Tuset i sur., 2008).

1.1. Povijest istraživanja otolita

Prvi prirodoslovac koji je primijetio prisutnost dvaju "kamenčića" u lubanjama nekih vrsta riba bio je Aristotel (4. st. pr. Kr.) (Campbell, 1929). Dok su otoliti bili samo još jedan anatomski dio koji su prirodoslovci usput spomenuli, osobito u drugoj polovici 16. i ranom 17. stoljeću, povezivani su s brojnim praznovjernim vjerovanjima i pridavana im je nadnaravna ili iscjeliteljska moć (Koken, 1884). Duffin (2007) daje detaljnu povijest raširene upotrebe otolita od antičkih vremena do danas. To uključuje svojstva afrodisijaka, sposobnost predviđanja pomorskog vremena i zaštitu mornara od morskih oluja, sposobnost ublažavanja raznih oblika boli, grčeva i oteklina te sposobnost liječenja bolesti poput malarije, žutice, vrućice i krvarenja iz nosa. Sagitalni otoliti također su bili dobro poznati Indijancima Sjeverne Amerike, koji su smatrali da posjeduju magična svojstva (Stinton, 1975).

Georges Cuvier bio je prvi znanstvenik koji je jasno definirao "kamenčiće" u prvoj polovici 19. stoljeća. Također je bio prvi koji je prepoznao morfološku posebnost otolita i ustvrdio da se mogu koristiti za identifikaciju vrsta riba. Uz to, Cuvier je identificirao ključne karakteristike otolita i tvrdio da je njihova najznačajnija karakteristika "uzdužna brazda na

unutarnjoj strani" (Campbell, 1929). Iako nije bio prepoznat kao fosilni otolit, prva ilustracija jednog od njih nastala je 1833. godine (Stinton, 1975).

Morfologija unutarnjeg uha u potpunosti je analizirana do kraja 19. stoljeća (Hawkins, 1993), no to nije bio slučaj za otolite jer su se istraživači koji su došli nakon Cuviera usredotočili samo na razjašnjenje morfološke važnosti otolita i ocrtavanje njihovog položaja u unutarnjem uhu (Chaine i Duvergier, 1934). Skup postojećih ribljih otolita iz Sredozemlja poslan je Kokenu u posljednjih deset godina 1800-ih kako bi ih mogao upotrijebiti za tumačenje fosilnih otolita u svojoj kolekciji, a on je objavio niz od šest disertacija u iznenađujuće kratkom vremenu, označavajući značajnu prekretnicu u povijesti istraživanja otolita riba. Koken (1884) daje detaljan opis i ilustracije otolita značajnog broja pretpovijesnih vrsta uz 32 sadašnje vrste iz 26 rodova. Iako je Koken preminuo u 19. stoljeću, njegova su istraživanja dovela do značajnog porasta broja studija o otolitima, koja su u to vrijeme već bila potkrijepljena istraživanjima novijih vrsta. Broj objavljenih radova o tercijarnim fosilnim otolitima postupno se povećavao početkom 20. stoljeća, ali su se istraživanja recentnih ribljih otolita tek neznatno povećala. Stoga, budući da je još uvijek bilo vrlo malo znanja o obliku otolita, bilo je prilično izazovno prikladno integrirati fosilne otolite koji su pronađeni s najnovijim klasifikacijama riba (Tuset i sur., 2008).

Krajem 1960-ih i početkom 1970-ih otkrivene su nove metode za istraživanje hranidbenih lanaca između ribljih grabežljivaca i njihovog plijena te za određivanje starosti organizma. Zbog ovih tendencija, otoliti su danas među najfunkcionalnijim anatomskim značajkama riba. Zbog toga su se u literaturi ponovno pojavile publikacije koje ilustriraju i opisuju otolite recentnih vrsta riba, ovisno o posebnim zahtjevima ili dostupnosti materijala pisaca. Nekoliko kratkih opažanja o otolitima objavljeno je od kraja 1970-ih, zajedno s nekoliko više ili manje opsežnih studija o otolitima, od kojih neka daju identifikacijske ključeve, a neka uključuju nevjerojatno detaljne crteže ili fotografije (Tuset i sur., 2008).

Nadalje, razvijeni su digitalni katalozi otolita kao što je baza podataka AFORO, interaktivni globalni katalog koji uključuje automatizirani sustav za identifikaciju vrsta pomoću matematičkih opisa obrisa otolita (Lombarte i sur., 2006).

1.2. Pregled dosadašnjih istraživanja

Otoliti škrpuna su relativno veliki i eliptičnog su oblika s nazubljenim rubovima. Ove morfološke karakteristike pomažu u razlikovanju škrpuna od drugih srodnih vrsta. Lombarte i Castellón (1991) su detaljno opisali morfološku varijabilnost u otolitima unutar roda *Scorpaena*, uključujući i vrstu *S. porcus*, ističući specifične karakteristike koje su korisne za identifikaciju. Struktura otolita škrpuna sastoji se od slojeva koji se formiraju tokom cijelog života ribe. Ovi slojevi mogu se analizirati mikroskopski što omogućava istraživačima preciznu procjenu starosti i rasta pojedinih riba (Morales-Nin, 2000). Nadalje, specifični oblik se može koristiti za razlikovanje pojedinaца unutar vrste, kao i za prepoznavanje različitih populacija iste vrste, a upravo te informacije mogu biti korisne za praćenje dinamike populacija i ekoloških prilagodbi (Mateu-Vicens i sur., 2012). Campana (2005) ističe kako geokemijske karakteristike otolita pružaju informacije o životnom okruženju ribe, njenim migracijskim obrascima i promjenama u okolišu. Otoliti su ključni faktori koji služe za ravnotežu i služe te na taj način omogućavaju prilagodbu specifičnom staništu (Popper i Fay, 2011). Varijabilnost u morfologiji otolita može biti rezultat evolucijskih prilagodbi različitim ekološkim nišama i staništima. Lombarte i Castellón (1991) su u svojoj studiji o interspecifičnoj i intraspecifičnoj varijabilnosti otolita unutar roda *Scorpaena* zaključili da ove prilagodbe reflektiraju dugoročne evolucijske procese.

Pavličević i sur. (2014) su proučavali te prilagodbe, ističući kako različiti ekološki faktori utječu na morfologiju i strukturu otolita. Kraljević i sur. (2012) opisuju morfološku varijabilnost otolita škrpuna iz različitih dijelova Jadranskog mora, naglašavajući njihove specifične oblike. Također, navode kako se izotopski sastav otolita može koristiti za praćenje migracija i promjena u slanosti i temperaturi mora. Identifikacija različitih populacija i njihove povezanosti sa specifičnim staništima korisna je za upravljanje ribljim resursima (Basić i sur., 2011). Osim toga, Mandić i sur. (2016) detaljno opisuju metode i tehnike analize otolita, naglašavajući njihovu važnost za ekološke i ribarstvene studije.

1.3. Svrha i ciljevi rada

Svrha ovog rada je analizirati morfološka i morfometrijska obilježja sakularnih otolita nedoraslih i odraslih jedinki škrpuna, *Scorpaena porcus* u istočnom Jadranu. Ciljevi rada su:

- opisati morfološke značajke otolita te analizirati potencijalne razlike između nedoraslih i odraslih jedinki;
- opisati morfometrijske značajke otolita te analizirati potencijalne razlike između nedoraslih i odraslih jedinki;
- analizirati značaj i primjenu dobivenih rezultata.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Prikupljanje i obrada uzoraka

Prikupljene i analizirane jedinke škrpuna, *Scorpaena porcus* u ovom radu potječu s nekoliko područja u istočnom dijelu priobalnog Jadrana.

Nedorasle jedinke su ulovljene na lokalitetu Duće Glava u ožujku 2013. godine. Riječ je o maloj pješčanoj plaži okrenutoj prema jugu koja se nalazi u blizini ušća rijeke Cetine. Dno ušća je pjeskovito i pjeskovito-muljevito, a dubina se naglo povećava zbog iskopavanja pijeska brodovima pjeskarima. Preostale, odrasle jedinke škrpuna su ulovljene na nekoliko priobalnih postaja na zadarskom, šibenskom, splitskom i dubrovačkom području tijekom zimskih mjeseci 2010. godine. Dubina uzorkovanja je u pravilu bila do 30 m, a dno je na ovim lokacijama bilo uglavnom pjeskovito-muljevito i muljevito, povremeno hridinasto te obraslo livadama morske cvjetnice *Posidonia oceanica*.

Nedorasle jedinke su ulovljene malom obalnom potegačom posebno konstruiranom za lov nedoraslih jedinki. Korištena mala obalna potegača po svojim konstrukcijskim značajkama odgovara mreži potegači – migavici, ali je po dimenzijama mnogo manja i ima manju veličinu oka. Dužina korištene mreže je 50 m (od početka jednog do kraja drugog krila). Visina mreže na početku krila iznosi 30 cm, dok je visina središnjeg dijela, odnosno vreće 250 cm. Veličina oka u središnjoj vreći je 4 mm, dok je na krilima 8 mm. Prikupljene odrasle jedinke potječu iz trostrukih mreža stajačica – poponica. Korištene poponice su bile duge 32 m, a njihova visina je bila od 1,6 do 1,8 m, odnosno 50 do 60 oka središnjeg zastora i 4,5 do 5,5 oka vanjskih zastora. Veličina oka središnjeg zastora je iznosila 28 mm.

Jedinke su nakon ulova obrađene u praktikumu Sveučilišnog odjela za studije mora; ribama je izmjerena ukupna dužina i masa tijela, određen im je spol, a otoliti su izvađeni i pohranjeni do daljnje obrade. Podaci za dužinu, masu i spol su se koristili za izračun dužinsko-masenog odnosa. Kada varijabla b ima vrijednosti veće od 3, to ukazuje na pozitivnu alometriju u ovom odnosu (riba dobiva na masi brže nego u dužini), a kada varijabla ima vrijednosti manje od 3, to ukazuje na negativnu alometriju (riba dobiva na dužini brže nego na masi). Kada je varijabla b jednaka 3, odnos je izometrijski, što znači da riba održava svoj normalan oblik dok raste proporcionalno u masi i dužini. Svi su se rezultati upisivali u prethodno pripremljenu matricu Excel tablice.

2.2. Morfološka i morfometrijska obilježja otolita

Svaki prethodno prikupljeni uzorak je bio obilježen jedinstvenim identifikacijskim brojem ribe te je obično sadržavao oba sakularna otolita. Svi oštećeni otoliti su se izuzimali iz daljnjih analiza. Otoliti su prvo postavljeni na crnu podlogu lupe, s konveksnom stranom usmjerenom prema gore, nakon čega su se fotografirali. Za fotografiranje uzoraka korištena je lupa Olympus SZX10, koja je opremljena s kamerom Olympus DP25, koja omogućuje detaljan prikaz i daljnju analizu putem računalnog programa Olympus Cell^A Imaging Software. Svaka fotografija otolita, i lijevog i desnog, je zasebno pohranjena. Nakon točne identifikacije i određivanja lijevog i desnog otolita, izmjerena je i njihova masa koristeći analitičku vagu OHAUS Adventurer Pro AV114 te debljina pomoću digitalnog mjerača, odnosno pomične mjerke. U prethodno navedenom Olympus programu, korištenjem naredbe *Measure - Arbitrary Distance*, određena je dužina i širina otolita tako da je dužina mjerena od prednjeg do stražnjeg dijela otolita duž najduže osi, dok je širina bila okomita na dužinu i prolazila je kroz središte otolita na njegovom najširem dijelu.

Svi dobiveni podaci su se spremali u Excel tablicu radi daljnje analize. Morfološka svojstva otolita, analizirana su na temelju fotografija, a opisana su koristeći terminologiju koju su predložili Tuset i sur. (2008). Osim toga, korišten je i program ImageJ pomoću kojeg je moguće dobiti podatke poput površine, konture, opsega i sl. Svi dijagrami izrađeni su u programu RStudio.

3. REZULTATI

3.1. Analiza sastava populacije vrste *Scorpaena porcus* u istočnom Jadranskom moru

Tijekom istraživanja ukupno je obrađeno 89 uzoraka škrpuna (*Scorpaena porcus*), od kojih je 39 muškog spola (44%), 31 ženskog spola (35%), a preostalih 19 neodređenog spola (21%). Raspon ukupne dužine tijela analiziranih jedinki iznosi od 3,7 do 24,5 cm, a prosječna dužina iznosi $15,7 \pm 4,37$ cm. Raspon mase varira od 0,78 do 310 g, dok prosječna masa iznosi $92,99 \pm 65,63$ g. Broj analiziranih jedinki, rasponi ukupne dužine i mase te srednje vrijednosti i standardna devijacija (SD) prikazani su u Tablici 1. Podaci su podijeljeni ovisno o spolu, dužina je izražena u centimetrima, a masa u gramima.

Tablica 1. Brojnost (N), raspon ukupne dužine (Lt) i mase (W) jedinki škrpuna te srednje vrijednosti zajedno sa standardnom devijacijom (SD).

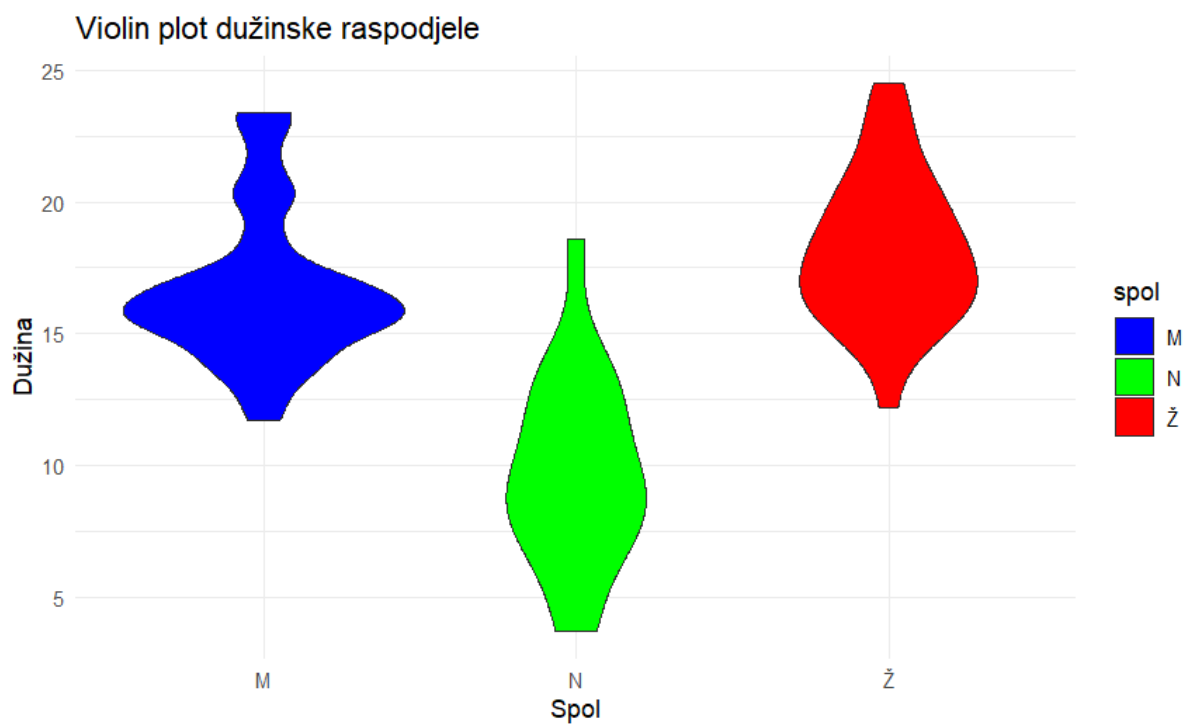
SPOL	N	Raspon Lt [cm]	Lt _{SR} ± SD	Raspon W [g]	W _{SR} ± SD
M	39	11,7 - 23,4	16,65 ± 2,81	33 - 257,63	98,00 ± 53,67
Ž	31	12,2 - 24,5	18,15 ± 2,77	45,35 - 310	129,68 ± 61,33
N	19	3,7 - 18,6	9,73 ± 3,50	0,78 - 123,64	22,88 ± 27,07

Violinskim dijagramom (tzv. *Violin plot*) prikazana je dužinska raspodjela svih ispitivanih jedinki (Slika 4). Nadalje, na Slikama 5-7 nalaze se dužinsko-maseni odnosi i to je najprije prikazana ukupna populacija, zatim podjela po spolu i ovisno o stadiju, a veze su prikazane nelinearnim modelom.

Dužina tijela pri kojoj *S. porcus* postiže spolnu zrelost (L50) u Jadranu iznosi 11 cm (Ferri i sur., 2012), stoga su uzorci podijeljeni na nedorasle i odrasle jedinke uzimajući u obzir poznati parametar L50. Sukladno tome, analiziranu populaciju čini 76 odraslih i 13 nedoraslih jedinki. Drugim riječima, svega 14,6% populacije čine nedorasle jedinke te su sve neodređenog spola. Tablica 2 prikazuje parametre prethodno navedene u Tablici 1, ali ovisno o stadiju zrelosti.

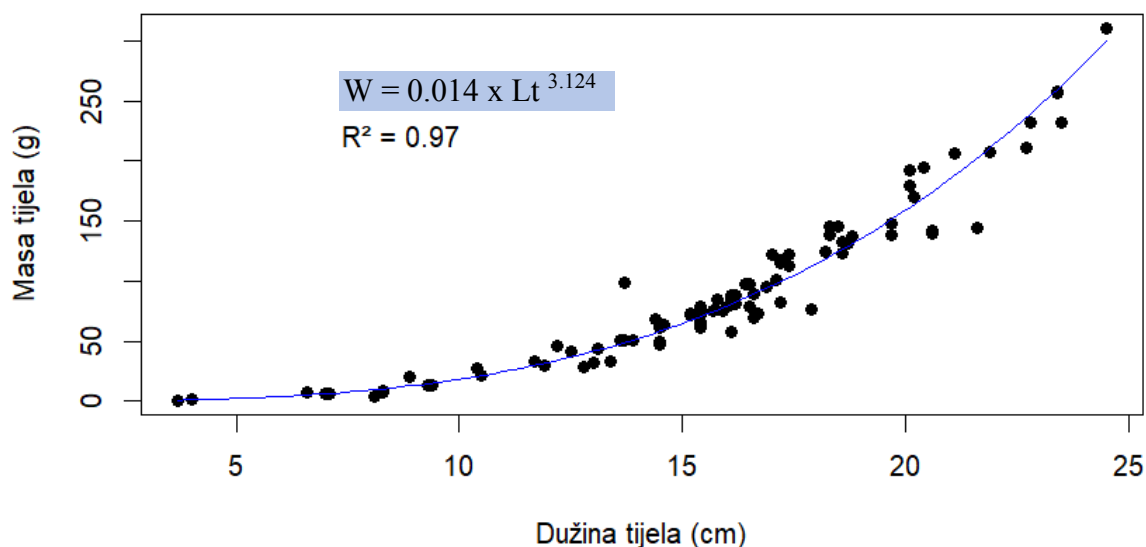
Tablica 2. Raspon ukupne dužine (Lt) i mase (W) te srednje vrijednosti sa standardnom devijacijom (SD), ovisno o stadiju spolne zrelosti.

STADIJ JEDINKE	Raspon Lt [cm]	Lt _{SR} ± SD	Raspon W [g]	W _{SR} ± SD
Odrasle	11,7 - 24,5	17,04 ± 2,99	28,68 - 310	107,10 ± 60,13
Nedorasle	3,7 - 10,5	7,82 ± 2,05	0,78 - 27	10,53 ± 7,65

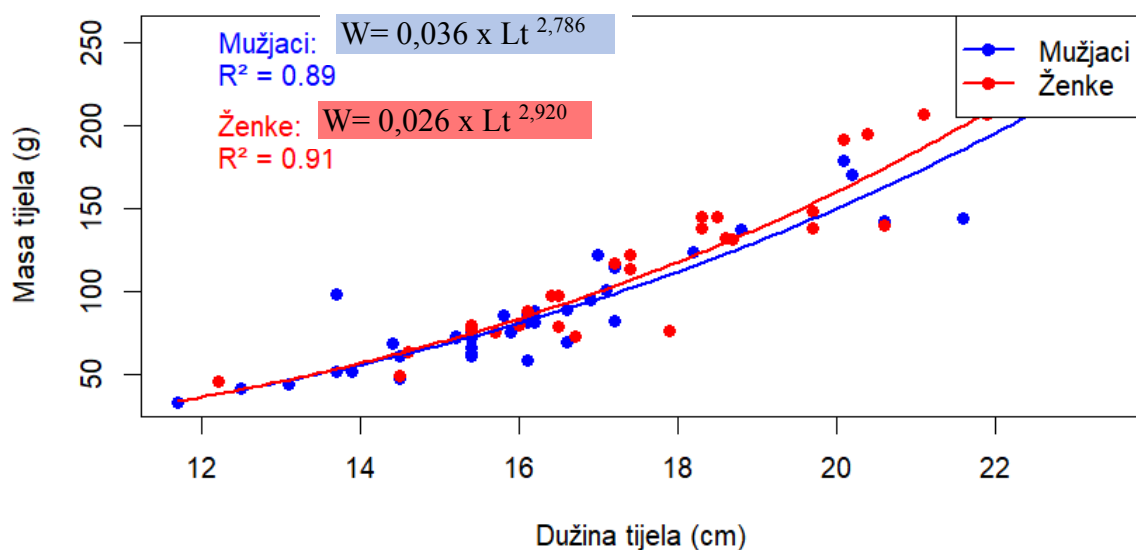


Slika 4. Violin plot dužinske raspodjele svih uzorkovanih jedinki.

Dužinsko-maseni odnos



Slika 5. Dužinsko-maseni odnos svih uzorkovanih jedinki.



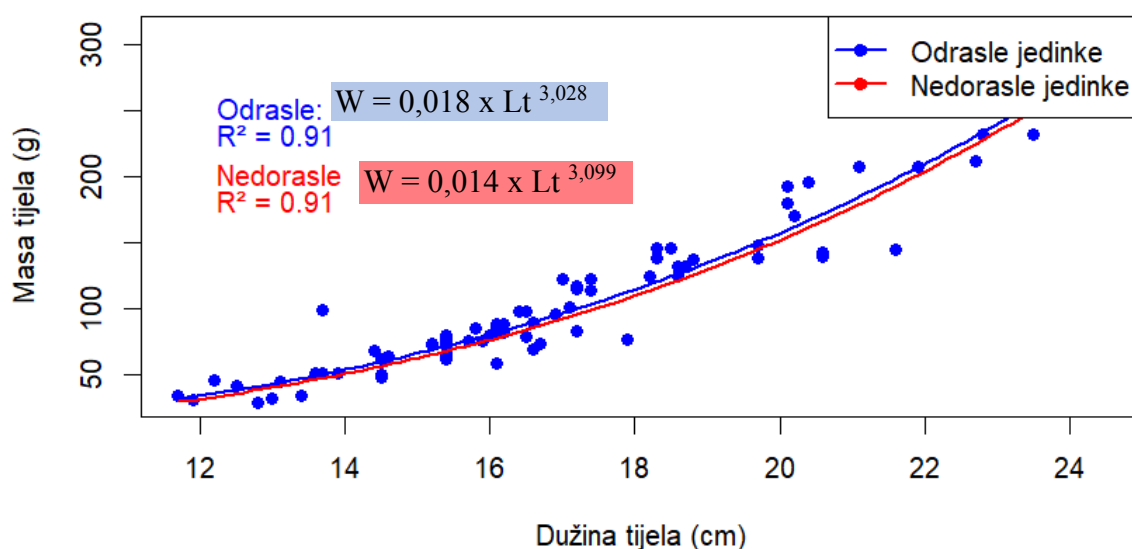
Slika 6. Dužinsko-maseni odnos mužjaka i ženki u uzorku.

Parametar a dužinsko-masenog odnosa pokazuje da su ženke nešto manje za istu duljinu tijela u usporedbi s mužjacima, s obzirom na nešto nižu vrijednost. Vrijednosti parametra b su vrlo slične, ali kod ženki je on malo veći, što sugerira da masa kod ženki raste malo brže s duljinom tijela nego kod mužjaka. Oba modela (za mužjake i ženke) pokazuju snažan nelinearni

odnos između duljine tijela i mase, s vrlo visokim vrijednostima koeficijenta determinacije (R^2) što je prikazano u Tablici 3.

Tablica 3. Vrijednosti parametara a i b te koeficijenta determinacije R^2 ovisno o spolu i stadiju.

Spol	a	b	R^2
Mužjaci	0,036	2,786	0,89
Ženke	0,026	2,920	0,91
Stadij jedinke	a	b	R^2
Odrasle	0,018	3,028	0,91
Nedorasle	0,014	3,099	0,91

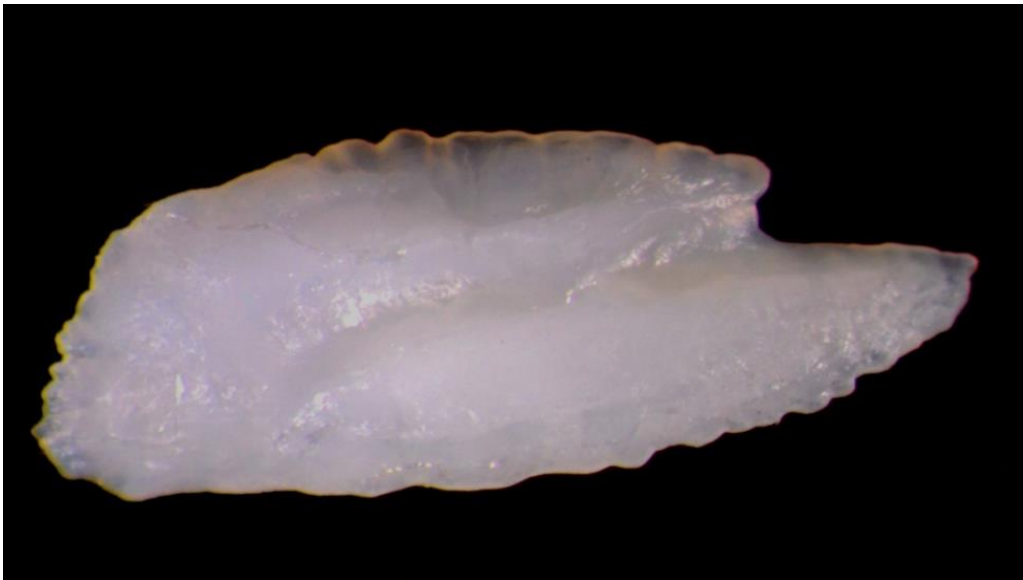


Slika 7. Dužinsko-maseni odnos odraslih i nedoraslih jedinke.

Rezultati Welchovog t-testa ukazuju na statistički značajnu razliku u srednjim vrijednostima dužine tijela između odraslih i nedoraslih jedinke škrpuna u istočnom Jadranu što dokazuje t-vrijednost koja iznosi 13,486 i p-vrijednost koja je vrlo niska i iznosi $7,237 \times 10^{-12}$. Također, postoji statistički značajna razlika u srednjim vrijednostima mase između odraslih i nedoraslih jedinke obzirom na t-vrijednost od 13,256 i p-vrijednost od $2,2 \times 10^{-16}$. S obzirom na vrlo niske p-vrijednosti, zaključak je da postoji statistički značajna razlika u srednjim vrijednostima kako dužine tijela tako i mase između odraslih i nedoraslih jedinke.

3.2. Morfologija otolita vrste *Scorpaena porcus* u istočnom Jadranskom moru

Otoliti vrste *S. porcus* su uglavnom duguljastog oblika s nazubljenim rubovima (Slika 8). Otvor *sulcusa* na otolitu pokazuje heterosulkoidan oblik, odnosno *sulcus* s *ostiumom* i *caudom* je jasno diferenciran, ali vrlo različitog oblika. *Ostium* je ljevkastog oblika, nešto kraći nego *cauda* koja je cjevasta, zakrivljena i blago savijena od srednje regije te završava blizu stražnjeg trbušnog ruba. Anteriorna regija je uglavnom šiljasta. *Rostrum* je kratak i relativno širok, ali oštar i zakrivljen prema dolje, dok je *antirostrum* slabo izražen ili malen i šiljast. *Excisura ostii* je široka, sa ili bez oštrog usjeka. Posteriorna regija je kosa do nepravilna s dubokim udubljenjima.



Slika 8. Otolit odrasle jedinke vrste *Scorpaena porcus*.

Otoliti nedoraslih jedinki vrste *S. porcus* su svojom morfologijom slični otolitima odraslih riba, a razliku čini *antirostrum* koji je kod nedoraslih jedinki nerazvijen (Slika 9).



Slika 9. Otolit nedorasle jedinke vrste *Scorpaena porcus*.

3.3. Morfometrija otolita vrste *Scorpaena porcus* u istočnom Jadranskom moru

Raspon ukupne dužine otolita analiziranih jedinki kreće se od 2,06 do 9,89 mm s prosječnom dužinom od $6,68 \pm 1,54$ mm. Širina otolita varira od 0,93 do 3,71 mm, odnosno prosječna širina je $2,58 \pm 0,51$ mm. Srednja masa otolita je $0,016 \pm 0,008$ g s najmanjom masom od 0,0008 g i najvećom koja iznosi 0,0352 g. Debljina iznosi 0,3 do 1,21 mm, a srednja vrijednost debljine $0,76 \pm 0,16$ mm. U Tablicama 4-7 prikazani su podaci o dužini, širini, masi i debljini otolita te prosječne vrijednosti i pripadajuće standardne devijacije, najprije ovisno o spolu, a zatim o stadiju zrelosti.

Tablica 4. Dužine (OL) i širine (OW) otolita te njihove srednje vrijednosti i standardne devijacije (SD), podjela po spolu.

SPOL	Dužina OL [mm]	OL _{SR} ± SD	Širina OW [mm]	OW _{SR} ± SD
M	5,08 - 9,89	$7,15 \pm 1,00$	1,96 - 3,43	$2,74 \pm 0,35$
Ž	6,21 - 9,11	$7,51 \pm 0,83$	2,31 - 3,71	$2,82 \pm 0,27$
N	2,06 - 8,00	$4,65 \pm 1,35$	0,93 - 3,29	$1,94 \pm 0,51$

Tablica 5. Mase (OM) i debljine otolita (OT) te njihove srednje vrijednosti i standardne devijacije (SD), podjela po spolu.

SPOL	Masa OM [g]	OM _{SR} ± SD	Debljina OT [mm]	OT _{SR} ± SD
M	0,007 - 0,035	0,018 ± 0,007	0,60 - 1,12	0,82 ± 0,12
Ž	0,011 - 0,033	0,020 ± 0,005	0,65 - 1,21	0,80 ± 0,10
N	0,0008 - 0,028	0,007 ± 0,006	0,30 - 0,97	0,58 ± 0,14

Tablica 6. Dužine (OL) i širine (OW) otolita te njihove srednje vrijednosti i standardne devijacije (SD), podjela po stadiju zrelosti.

STADIJ JEDINKE	Dužina OL [mm]	OL _{SR} ± SD	Širina OW [mm]	OW _{SR} ± SD
Odrasle	5,08 - 9,89	7,22 ± 0,99	1,96 - 3,71	2,75 ± 0,34
Nedorasle	2,06 - 5,09	3,98 ± 0,81	0,93 - 2,16	1,70 ± 0,31

Tablica 7. Mase (OM) i debljine otolita (OT) te njihove srednje vrijednosti i standardne devijacije (SD), podjela po stadiju zrelosti.

STADIJ JEDINKE	Masa OM [g]	OM _{SR} ± SD	Debljina OT [mm]	OT _{SR} ± SD
Odrasle	0,007 - 0,035	0,019 ± 0,006	0,53 - 1,21	0,81 ± 0,12
Nedorasle	0,0008 - 0,0071	0,004 ± 0,002	0,30 - 0,71	0,51 ± 0,09

3.4. Odnosi između morfometrijskih parametara tijela i morfometrijskih parametara otolita škrpuna

Pearsonov koeficijent korelacije govori o stupnju povezanosti između različitih varijabli (Smith i sur., 2015). Konzistentno niski Pearsonovi koeficijenti korelacije koji su se pojavili u svim kombinacijama između dužine tijela ribe i parametara otolita, impliciraju da nema snažne linearne povezanosti u odnosima između tih varijabli, odnosno promjene u jednoj varijabli nisu snažno povezane s promjenama u drugoj varijabli. Masa ribe pokazuje slabe do umjerene

korelacije s dimenzijama otolita. Među otolitima postoji umjerena do jaka pozitivna korelacija između njihovih dimenzija.

Linearnim modelom je opisan odnos morfolometrijskih parametara tijela škrpuna (dužina, masa), s morfolometrijskim parametrima otolita škrpuna (dužina, masa, debljina, širina). Tablica 8 prikazuje vrijednosti koeficijenta b (nagib pravca regresije), koeficijenta a (presjek na y-osi) te koeficijenta determinacije (R^2) za svaki odnos između mjera jedinke i mjera otolita odraslih jedinki, dok Tablica 9 prikazuje prethodno navedene podatke za nedorasle jedinke. Veći R^2 znači da je moguće predvidjeti jednu vrijednost pomoću druge, odnosno da one imaju dobru korelaciju.

Tablica 8. Regresijska analiza za odrasle jedinke, R^2 – koeficijent determinacije, a – presjek na y-osi, b – nagib pravca regresije.

Mjera jedinke	Mjera otolita	a	b	R^2
dužina tijela	dužina	5,829	0,087	0,074
	masa	0,008	$6,34 \times 10^{-4}$	0,090
	debljina	0,685	0,008	0,040
	širina	2,485	0,020	0,030
masa tijela	dužina	6,855	0,004	0,072
	masa	0,016	$3,01 \times 10^{-5}$	0,082
	debljina	0,781	$3,79 \times 10^{-4}$	0,036
	širina	2,727	$8,69 \times 10^{-4}$	0,024

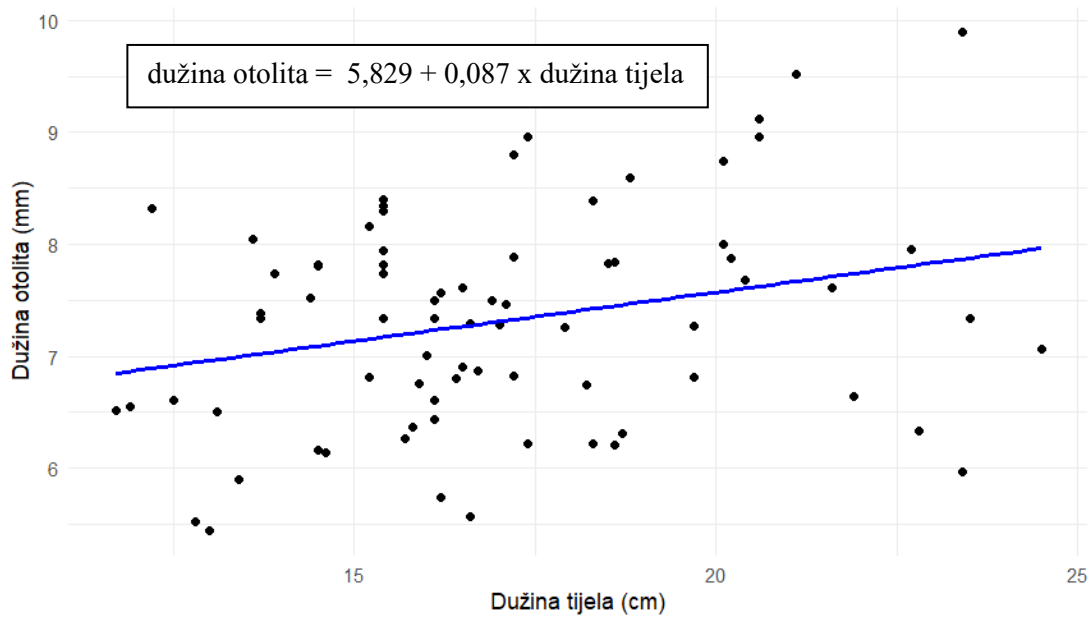
Tablica 9. Regresijska analiza za nedorasle jedinke, R^2 – koeficijent determinacije, a – presjek na y-osi, b – nagib pravca regresije.

Mjera jedinke	Mjera otolita	a	b	R^2
dužina tijela	dužina	3,989	0,020	0,009
	masa	0,003	$4,29 \times 10^{-5}$	0,005
	debljina	0,459	0,008	0,125
	širina	1,775	-0,002	$6,70 \times 10^{-4}$
masa tijela	dužina	4,261	-0,011	0,039
	masa	$4,53 \times 10^{-3}$	$-2,59 \times 10^{-5}$	0,030
	debljina	0,515	$5,94 \times 10^{-4}$	0,010
	širina	1,826	-0,006	0,078

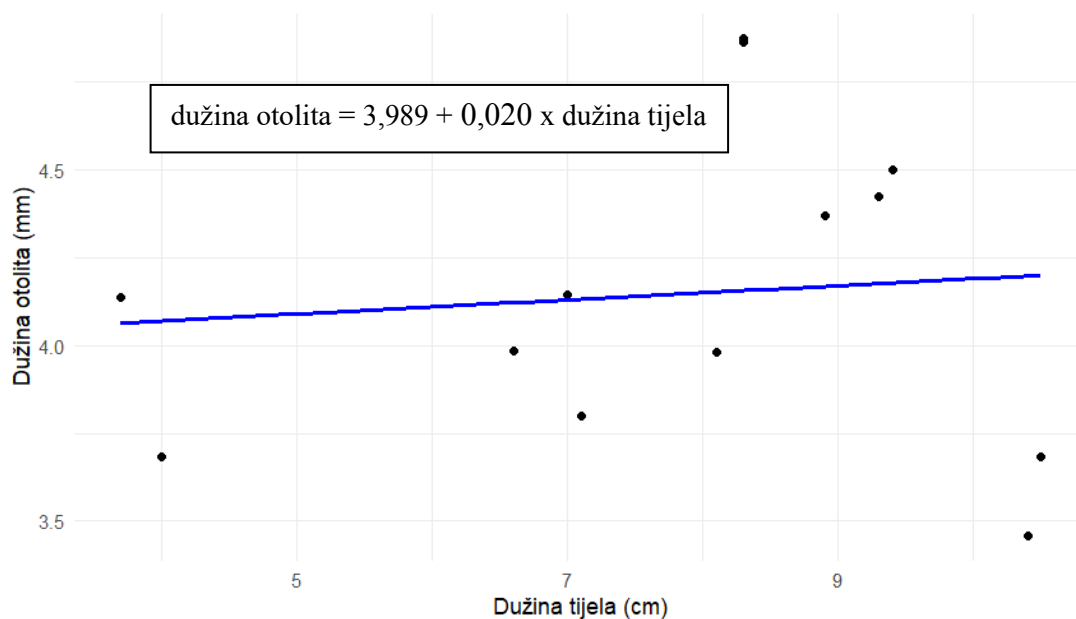
Na slikama 10 do 25 grafički su prikazani odnosi između mjera tijela škrpuna i mjera otolita i to linearnim modelom: $Y=a+bX$, gdje je Y zavisna varijabla (mjera otolita), a X nezavisna varijabla (mjera jedinke). Kod svakog prikazanog odnosa prva slika se odnosi na odrasle ($N = 76$), a druga na nedorasle jedinke ($N = 13$).

3.4.1. Odnos dužine tijela i dužine otolita škrpuna

Na slikama 10 i 11 nalazi se grafički prikaz odnosa dužine tijela i dužine otolita škrpuna, a pripadajući R^2 iznose 0,074 za odrasle i 0,009 za nedorasle jedinke. Isti ukazuju da nema snažne linearne povezanosti u odnosima između tih varijabli.



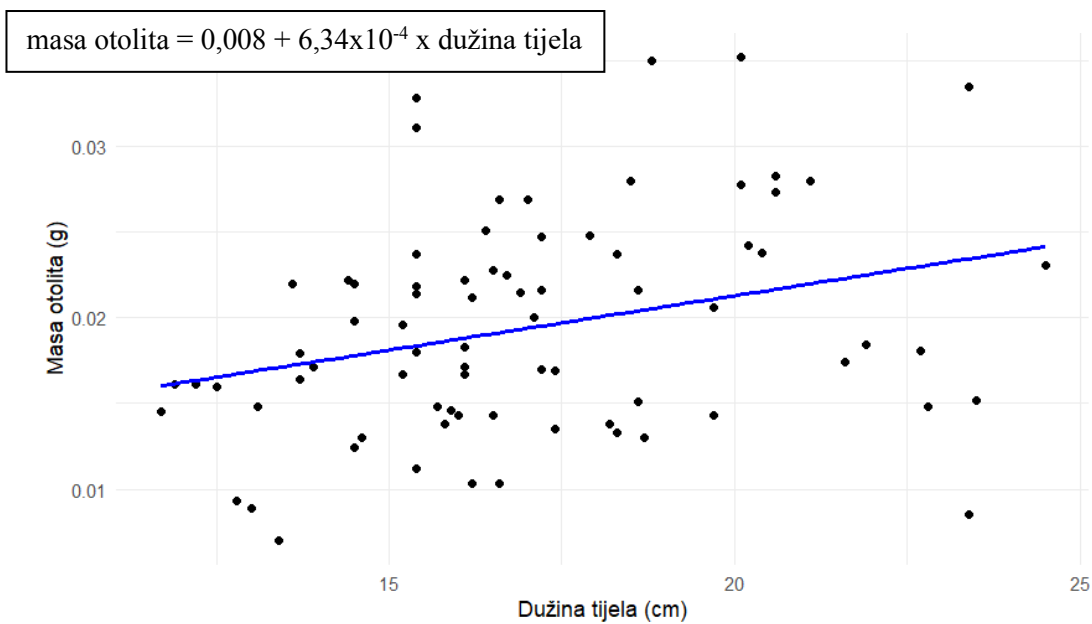
Slika 10. Odnos dužine tijela i dužine otolita kod odraslih jedinki škrpuna.



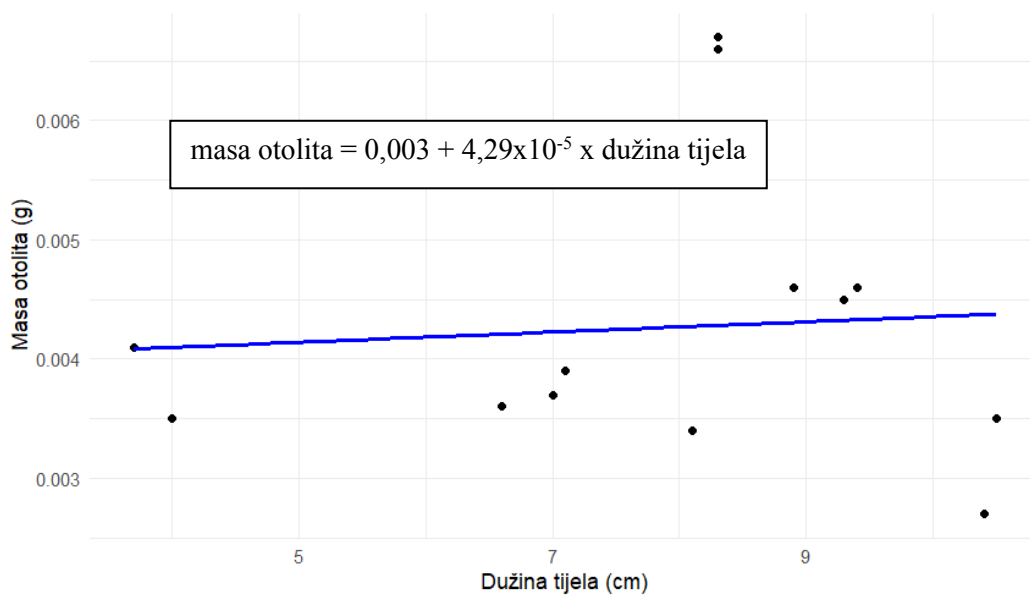
Slika 11. Odnos dužine tijela i dužine otolita kod nedoraslih jedinki škrpuna.

3.4.2 Odnos dužine tijela i mase otolita

Na slikama 12 i 13 grafički je prikazan odnos dužine tijela i mase otolita, a vrijednosti R^2 iznose 0,090 za odrasle i 0,005 za nedorasle jedinke. Premda nema snažne linearne povezanosti u odnosima između tih varijabli (s obzirom na R^2), vrijednost od 0,090 je najveća izračunata vrijednost glede odnosa varijabli kod odraslih jedinki.



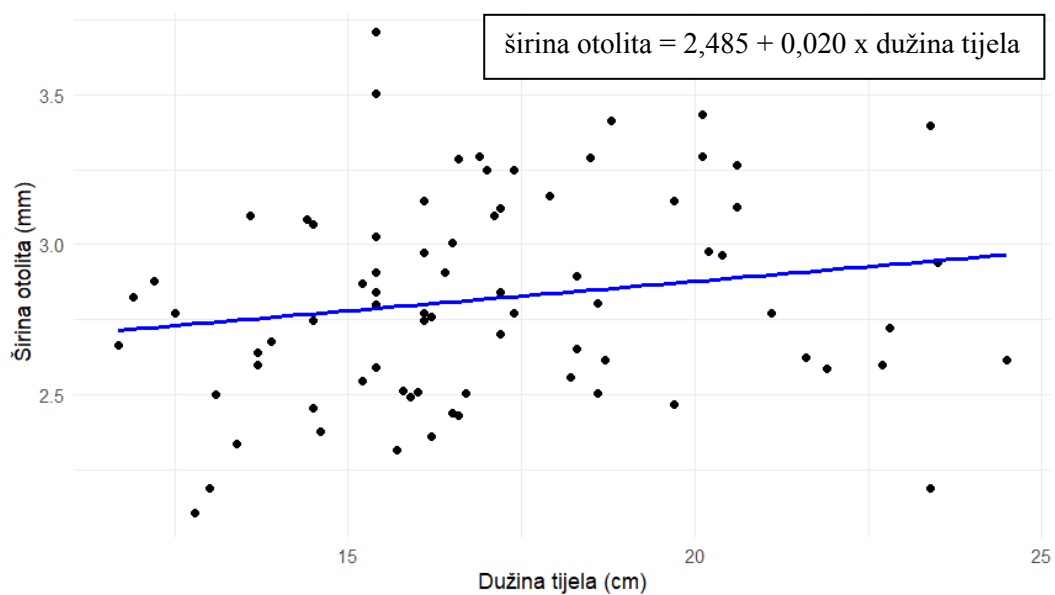
Slika 12. Odnos dužine tijela i mase otolita kod odraslih jedinki škrpuna.



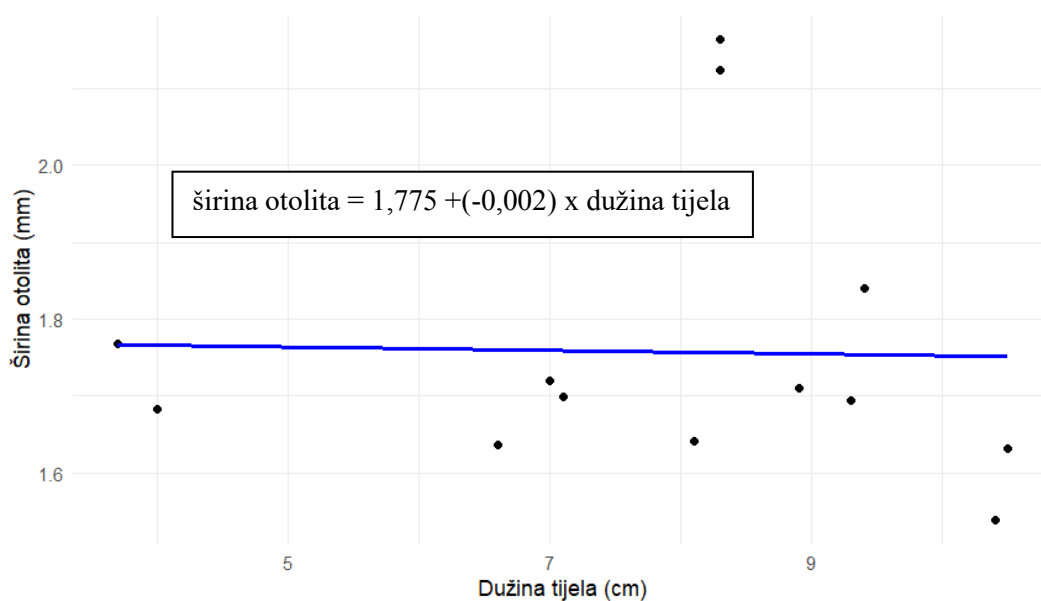
Slika 13. Odnos dužine tijela i mase otolita kod nedoraslih jedinki škrpuna.

3.4.3. Odnos dužine tijela i širine otolita

Na slikama 14 i 15 nalazi se grafički prikaz odnosa dužine tijela i širine otolita čije vrijednosti R^2 iznose 0,030 za odrasle i $6,70 \times 10^{-4}$ za nedorasle jedinke. Drugim riječima, nema snažne linearne povezanosti u odnosima između tih varijabli, a izračunati R^2 za nedorasle jedinke ujedno je i najmanji R^2 u uzorku.



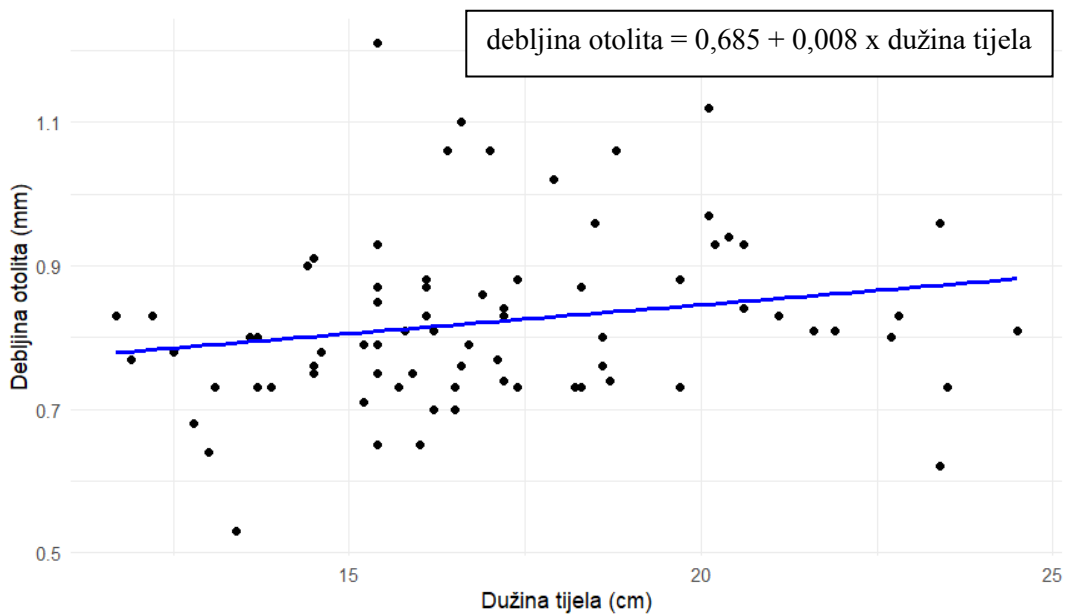
Slika 14. Odnos dužine tijela i širine otolita kod odraslih jedinki škrpuna.



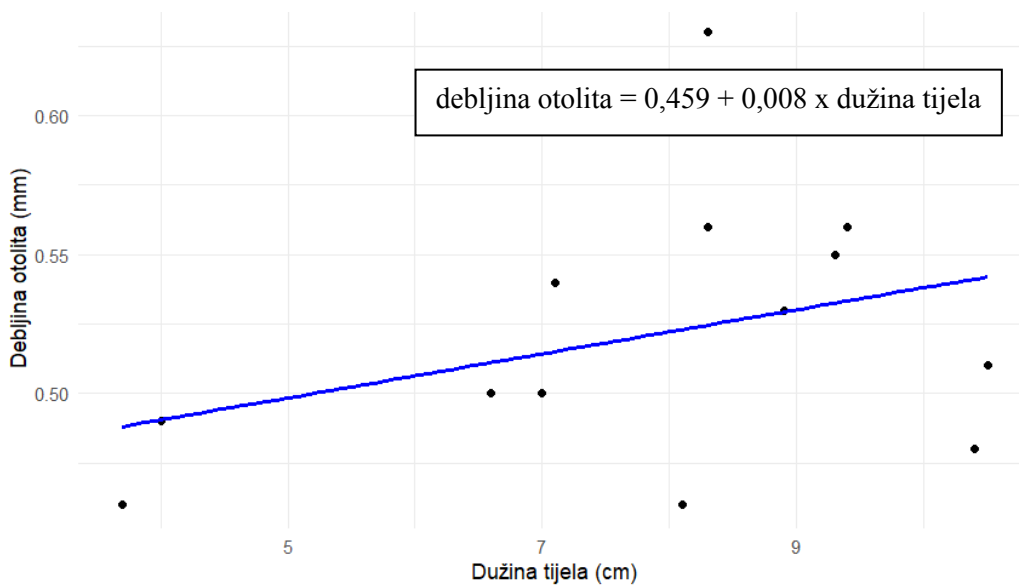
Slika 15. Odnos dužine tijela i širine otolita kod nedoraslih jedinki škrpuna.

3.4.4. Odnos dužine tijela i debljine otolita

Na slikama 16 i 17 nalazi se grafički prikaz odnosa dužine tijela i debljine otolita, a vrijednosti R^2 iznose 0,040 za odrasle i 0,125 za nedorasle jedinke. Premda nema snažne linearne povezanosti u odnosima između tih varijabli, vrijednost od 0,125 predstavlja najveći koeficijent izračunat za nedorasle jedinke, a ujedno je i najveći R^2 u uzorku.



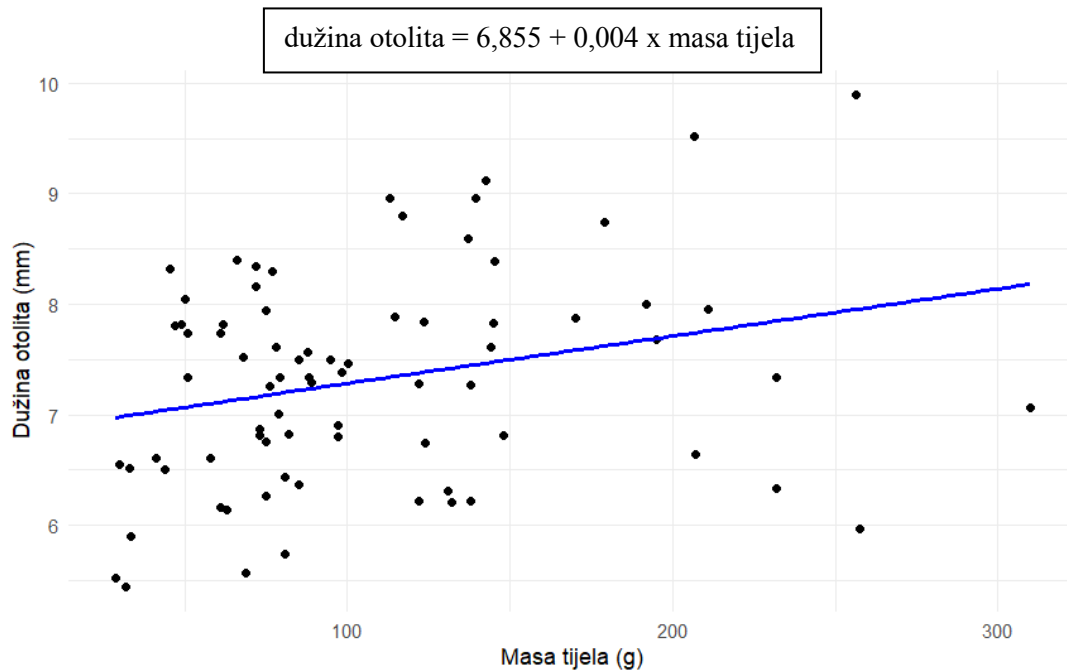
Slika 16. Odnos dužine tijela i debljine otolita kod odraslih jedinki škrpuna.



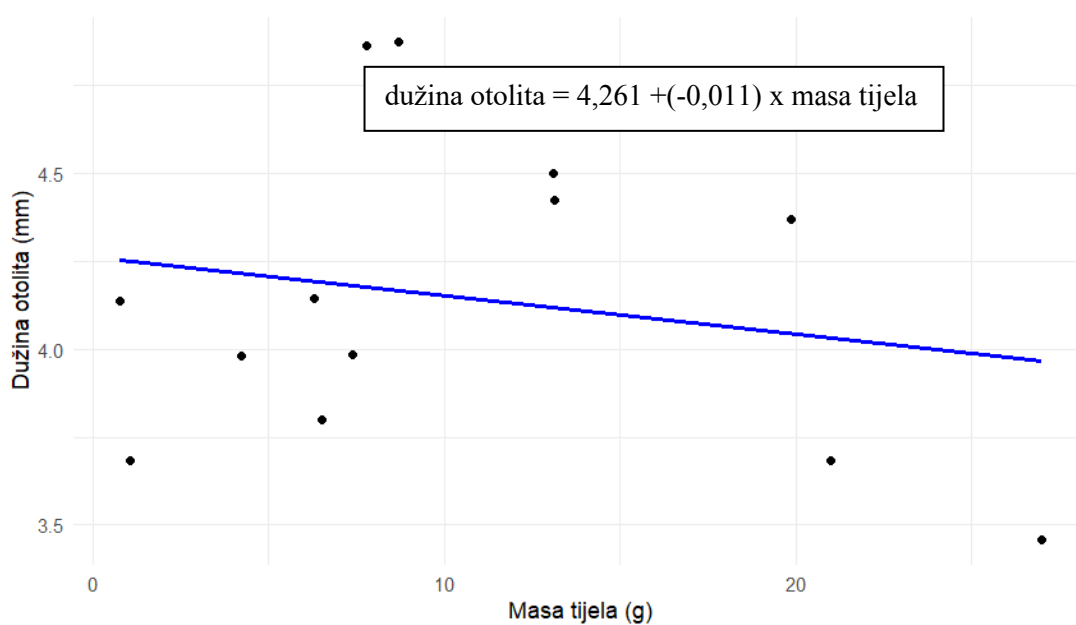
Slika 17. Odnos dužine tijela i debljine otolita kod nedoraslih jedinki škrpuna.

3.4.5. Odnos mase tijela i dužine otolita

Na slikama 18 i 19 nalazi se grafički prikaz odnosa mase tijela i dužine otolita, a vrijednosti R^2 iznose 0,072 za odrasle i 0,039 za nedorasle jedinke. To ukazuje da nema snažne linearne povezanosti u odnosima između tih varijabli.



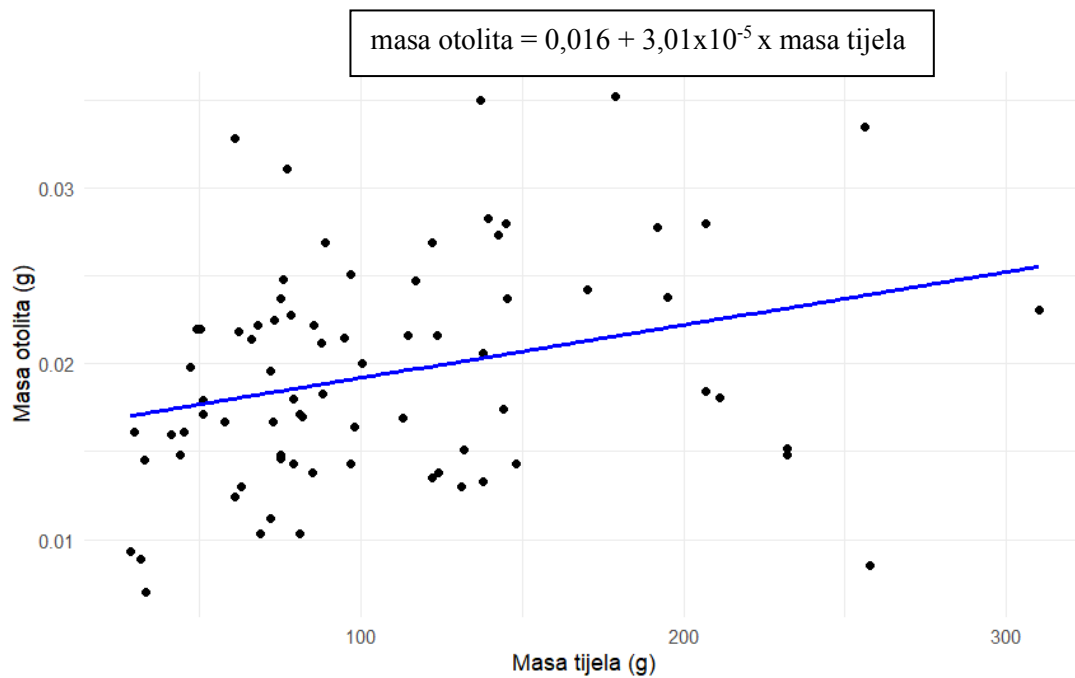
Slika 18. Odnos mase tijela i dužine otolita kod odraslih jedinki škrpuna.



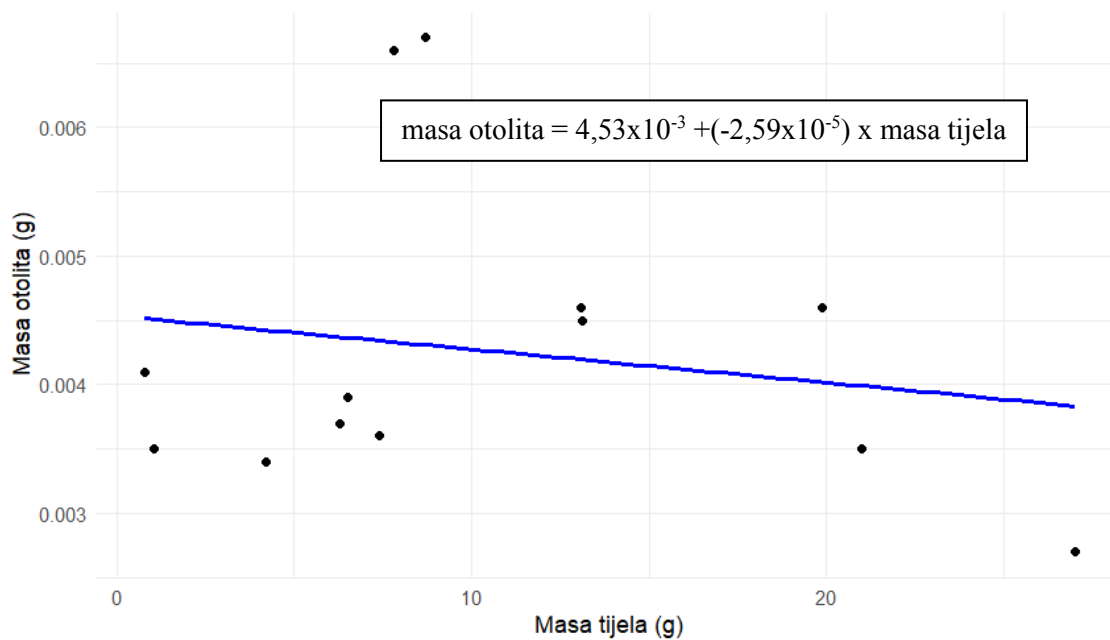
Slika 19. Odnos mase tijela i dužine otolita kod nedoraslih jedinki škrpuna.

3.4.6. Odnos mase tijela i mase otolita

Na slikama 20 i 21 nalazi se grafički prikaz odnosa mase tijela i mase otolita, a vrijednosti R^2 od 0,082 za odrasle i 0,030 za nedorasle jedinke ukazuju da nema snažne linearne povezanosti u odnosima između tih varijabli.



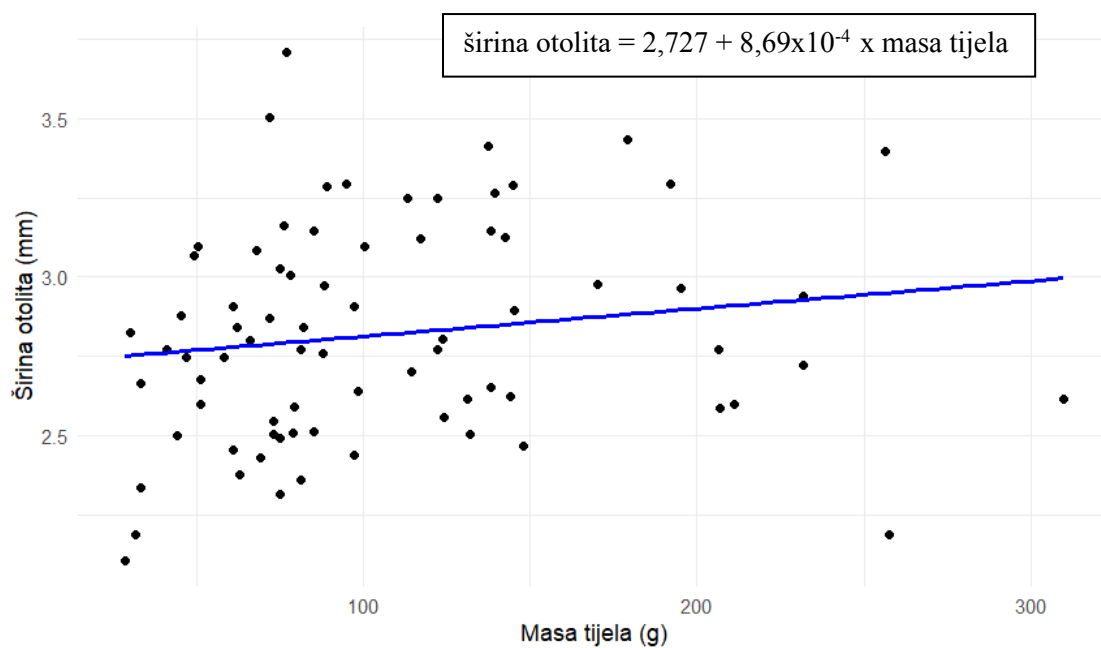
Slika 20. Odnos mase tijela i mase otolita kod odraslih jedinki škrpuna.



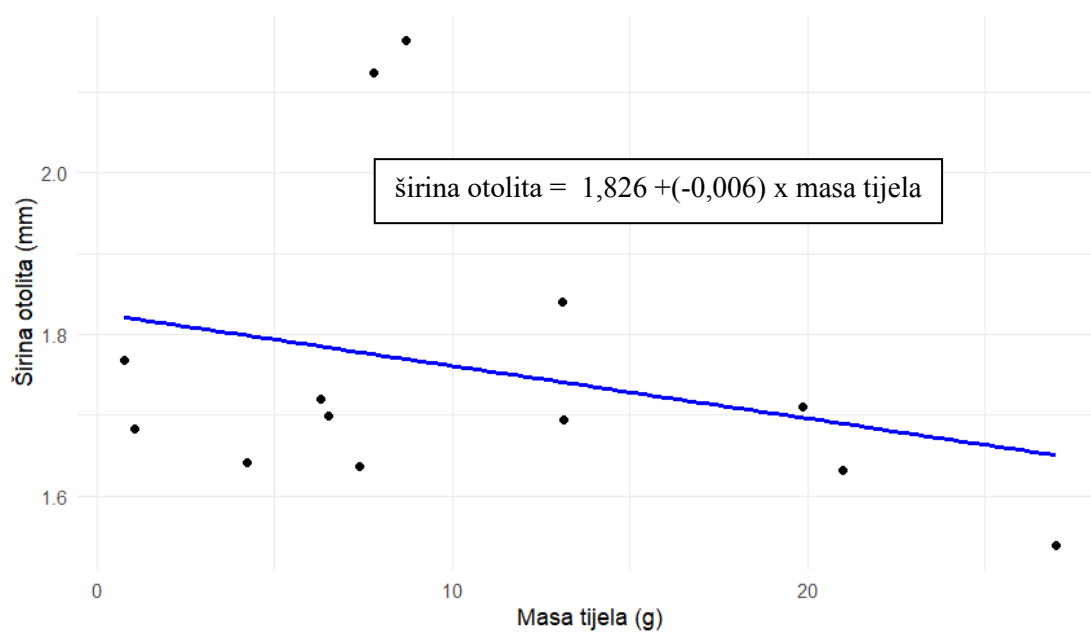
Slika 21. Odnos mase tijela i mase otolita kod nedoraslih jedinki škrpuna.

3.4.7. Odnos mase tijela i širine otolita

Na slikama 22 i 23 grafički je prikazan odnos mase tijela i širine otolita, a pripadajuće vrijednosti R^2 iznose 0,024 za odrasle i 0,078 za nedorasle jedinke. Može se zaključiti da nema snažne linearne povezanosti u odnosima između tih varijabli.



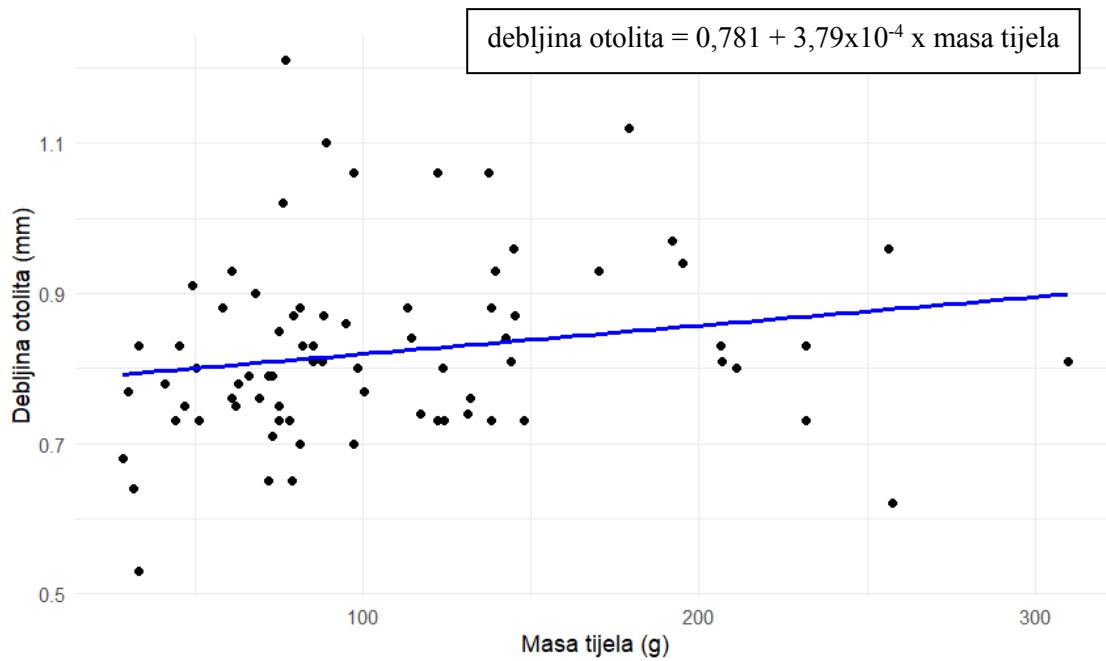
Slika 22. Odnos mase tijela i širine otolita kod odraslih jedinki škrpuna.



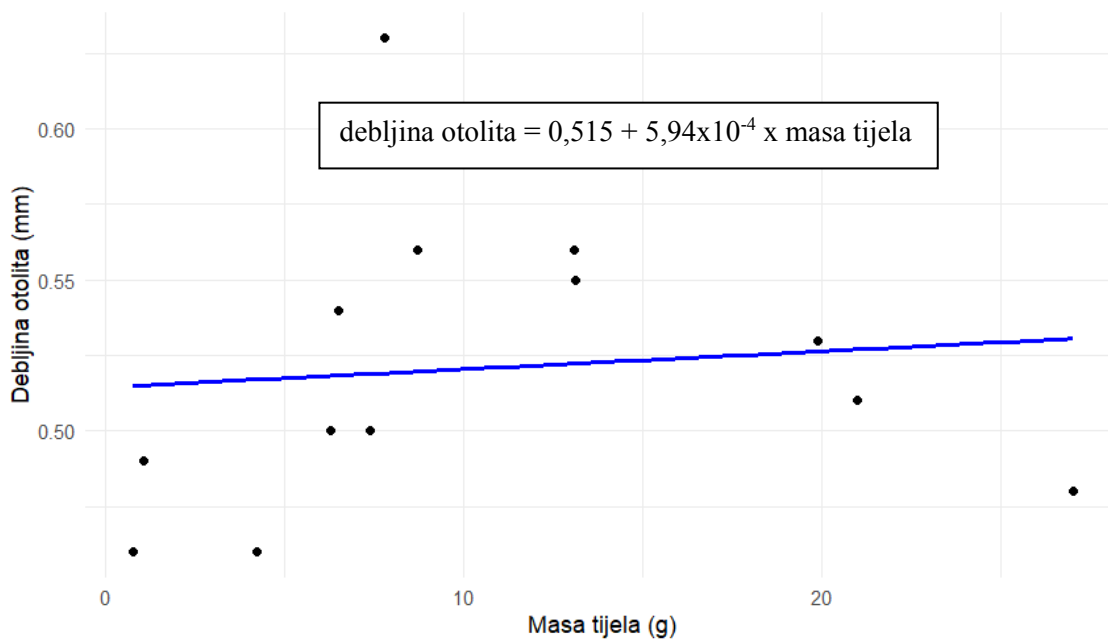
Slika 23. Odnos mase tijela i širine otolita kod nedoraslih jedinki škrpuna.

3.4.8. Odnos mase tijela i debljine otolita

Na slikama 24 i 25 nalazi se grafički prikaz odnosa mase tijela i debljine otolita. Vrijednosti parametra R^2 iznose 0,036 za odrasle i 0,010 za nedorasle jedinke, što ukazuje da nema snažne linearne povezanosti u odnosima između tih varijabli.



Slika 24. Odnos mase tijela i debljine otolita kod odraslih jedinki škrpuna.



Slika 25. Odnos mase tijela i debljine otolita kod nedoraslih jedinki škrpuna.

3.5. Površina otolita vrste *Scorpaena porcus* u istočnom Jadranskom moru

Površina otolita ukupne populacije vrste *S. porcus* kreće se od 1,402 do 23,294 mm². Srednja vrijednost iznosi 12,09 ± 4,44 mm². U Tablici 10 se nalaze minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti ovisno o spolu, a Tablica 11 prikazuje iste vrijednosti ovisno o stadiju zrelosti.

Tablica 10. Raspon površine otolita u milimetrima kvadratnim i srednje vrijednosti sa standardnom devijacijom (SD), podjela po spolu.

SPOL	Raspon površine otolita (A) [mm ²]	ASR ± SD
M	6,91 - 23,56	13,26 ± 3,30
Ž	9,76 - 20,30	14,41 ± 2,71
N	1,40 - 17,58	6,60 ± 3,67

Tablica 11. Raspon površine otolita te srednje vrijednosti sa standardnom devijacijom (SD), podjela po stadiju zrelosti.

STADIJ JEDINKE	Raspon površine otolita (A) [mm ²]	ASR ± SD
Odrasle	6,91 - 23,29	13,53 ± 3,25
Nedorasle	1,40 - 7,29	4,81 ± 1,56

3.5.1. Usporedba između različitih ulovnih zona istočnog Jadrana

Korištenjem Welchovog t-testa analizirane su statističke razlike u površini otolita između različitih skupina škrpuna u istočnom Jadranu. Ispitivani uzorci su iz različitih ulovnih

zona, odnosno lokacija uzorkovanja, a označeni su brojevima od 1 do 6. Tablica 12 prikazuje moguće kombinacije odnosa između površina otolita te rezultate Welchovog t-testa (odnosno t i p vrijednosti). Što je t-vrijednost veća, to je veća razlika između srednjih vrijednosti dviju skupina u usporedbi s varijabilnošću unutar tih skupina. Ako je p-vrijednost veća od 0,05, to znači da nema dovoljno dokaza da se odbaci nulta hipoteza, odnosno da nema statistički značajne razlike između grupa ili skupina podataka.

Tablica 12. Odnosi između površina otolita različitih skupina škrpuna u istočnom Jadranu, rezultati dobiveni upotrebom Welchovog t-testa.

UZORAK	t - vrijednost	p - vrijednost
1 : 2	-15,54	$2,2 \times 10^{-16}$
1 : 3	-11,65	$7,52 \times 10^{-12}$
1 : 4	-9,66	$1,11 \times 10^{-6}$
1 : 5	-5,20	0,002
1 : 6	-9,66	$8,33 \times 10^{-14}$
2 : 3	3,95	0,0003
2 : 4	4,56	$9,59 \times 10^{-5}$
2 : 5	1,86	0,11
2 : 6	6,03	$1,11 \times 10^{-7}$
3 : 4	0,94	0,36
3 : 5	0,001	1,00
3 : 6	2,07	0,04
4 : 5	-0,46	0,66
4 : 6	0,95	0,35
5 : 6	0,95	0,38

Rezultati pokazuju da nema statistički značajne razlike u površini otolita iz skupina 3:4 (Ploče i Split), 3:5 (Ploče i Zadar), 4:5 (Split i Zadar), 4:6 (Split i Šibenik) i 5:6 (Zadar i Šibenik) dok kod ostalih uzoraka postoji statistički značajna razlika u površini otolita (1 - Split, 2 - Dubrovnik).

4. RASPRAVA

Tijekom istraživanja ukupno je analizirano 89 primjeraka škrpuna (*Scorpaena porcus*). Raspon ukupne dužine tijela analiziranih odraslih riba iznosio je od 11,7 do 24,5 cm ($17,04 \pm 2,99$ cm), a raspon mase od 28,68 do 310 g ($107,10 \pm 60,13$ g), dok je raspon ukupne dužine tijela nedoraslih riba iznosio od 3,7 do 10,5 cm ($7,82 \pm 2,05$ cm), a raspon mase od 0,78 do 27 g ($10,53 \pm 7,65$ g).

Usporedbom morfoloških obilježja sakularnih otolita odraslih i nedoraslih jedinki škrpuna, *Scorpaena porcus*, iz istočnog Jadrana s rezultatima drugih istraživanja, uočene su određene sličnosti i razlike. Morfologiju otolita analiziranih vrsta moguće je djelomično usporediti s podacima iz atlasa otolita autora Tuset i sur. (2008), koji detaljno opisuje otolite odraslih jedinki mnogih vrsta riba. Isto tako, oblik otolita škrpuna može se opisati kao izdužen s karakterističnom izbočinom na dorzalnoj strani, što se podudara s opisima iz literature (Harvey i sur., 2011). Dužina otolita odraslih mužjaka kreće se između 15 i 20 mm, širina između 8 i 12 mm, masa između 50 i 80 mg, a debljina između 2 i 3 mm. Kod odraslih ženki, dužina otolita varira između 16 i 22 mm, širina između 9 i 13 mm, masa između 55 i 90 mg, a debljina između 2,5 i 3,5 mm. Nedorasle jedinke imaju otolite duljine od 5 do 10 mm, širine od 3 do 5 mm, mase od 10 do 30 mg, i debljine od 1 do 1,5 mm (Campana, 2004). Navedeni podaci se razlikuju od dobivenih rezultata u ovom radu, a isti su značajno manji. Ove razlike mogu biti posljedica različite veličine uzorka, dužinskog raspona uzorkovanih riba kao i različitih lokacija uzorkovanja gdje svaku od lokacija opisuju određeni ekološki uvjeti koji mogu utjecati na niz čimbenika.

Morfološka analiza također je otkrila varijacije u debljini otolita između različitih populacija škrpuna. Deblji otoliti su često povezani s jedinkama koje borave u područjima s nižim salinitetom, što je fenomen zabilježen i kod drugih morskih vrsta (Popper i sur., 2005). Na primjer, kod vrste *Scorpaena scrofa* zabilježena je debljina otolita od 3 do 4 mm u područjima s nižom salinitetom, dok je u područjima s višom salinitetom debljina iznosila 2 do 2,5 mm (Jones, 2002). Ova razlika može biti rezultat adaptivnih odgovora na različite okolišne uvjete u istočnom Jadranu obzirom da je izmjerena debljina otolita ispitivanih jedinki iznosila od 0,3 do 1,21 mm. Površina otolita također je važan morfološki parametar. Površina otolita odraslih jedinki *S. porcus* varira između 60 i 130 mm², dok površina otolita nedoraslih jedinki varira između 15 i 50 mm² (Jones, 2002), za razliku od ispitivanih jedinki čija je površina otolita odraslih jedinki iznosila 6,91 do 23,29 mm², a nedoraslih svega 1,40 do 7,29 mm².

Ovo istraživanje doprinosi razumijevanju morfoloških karakteristika otolita škrpuna te naglašava važnost uzimanja u obzir ekoloških i geografskih faktora pri interpretaciji rezultata. Daljnja istraživanja koja uključuju veći broj uzoraka i različite lokacije mogla bi dodatno rasvijetliti varijabilnost unutar vrste i između srodnih vrsta. *Scorpaena porcus*, kao često proučavana vrsta, pruža značajne podatke kroz analizu otolita, s različitim autorima koji su potvrdili konzistentnost morfoloških karakteristika otolita unutar ove vrste, ali i varijabilnost uzrokovanu okolišnim faktorima.

5. ZAKLJUČCI

Tijekom istraživanja vrste *Scorpaena porcus* u istočnom dijelu Jadranskog mora ukupno je analizirano 89 primjerka od kojih je 76 odraslih i 13 nedoraslih jedinki. Ukupna dužina tijela analiziranih jedinki varira od 3,7 do 24,5 cm, a masa od 0,78 do 310 g. Prosječne vrijednosti dužine, mase i površine otolita iznose 6,68 mm, 0,016 g i 12,09 mm².

Otoliti vrste *S. porcus* su uglavnom duguljastog oblika s nazubljenim rubovima, a razlika između otolita odraslih i nedoraslih jedinki očituje se u razvijenosti *antirostruma*.

Analizirane su veze između morfometrijskih mjera jedinke i otolita te je utvrđena najbolja veza između dužine tijela i mase otolita kod odraslih jedinki te između dužine tijela i debljine otolita kod nedoraslih jedinki.

Istraživanje omogućuje bolje razumijevanje morfologije i rasta vrste *S. porcus*, kao i njihovih otolita, što može biti korisno za daljnja biološka i ekološka istraživanja.

6. LITERATURA

- Basić T, Dupčić Radić T, Ujević I, Ljubešić Z, Čikeš Keč K. 2011. Otolith shape analysis for identifying fish stocks: a case study of black scorpionfish (*Scorpaena porcus*) in the Adriatic Sea. *Fisheries Research*, 110: 51-54.
- Campana SE. 2004. Otolith Science in Marine Fisheries: A Bibliography. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, str. 68.
- Campana SE. 2005. Otolith science entering the 21st century. *Marine and Freshwater Research*, 56: 200-202.
- Campbell RB. 1929. Fish otoliths, their occurrence and value as stratigraphic markers. *Journal of Paleontology*, 3: 254-279.
- Chaine J, Duvergier J. 1934. Recherches sur les otolithes des poissons. étude descriptive et comparative de la sagitta des Téléostéens. *Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, 86: 5-254.
- Duffin CJ. 2007. Fish otoliths and folklore: a survey. *Folklore*, 118: 78-90.
- Ferri J, Matić-Skoko S, Bočina I. 2012. Reproductive biology of the black scorpionfish, *Scorpaena porcus* (Pisces, Scorpaenidae) population in the eastern Adriatic Sea. XIV European Congress of Ichthyology. Liege: Université de Liège, str. 82-82.
- Grubišić F. 1982. Ribe, rakovi i školjke Jadrana. Liburnija, Rijeka; Naprijed, Zagreb, str 239.
- Harvey JT, Loughlin TR, Perez MA, Oxman, DS. 2011. *Marine Mammal Ecology and Conservation*. Academic Press, str. 45.
- Hawkins AD. 1993. Underwater Sound and Fish Behaviour. TJ Pitcher (ur.), *Behaviour of Teleost Fishes*, Chapman and Hall, London, str. 129-169.
- Jones SD. 2002. Comparative Analysis of Otolith Morphology in Marine Fishes. *Marine Biology Journal*, str. 102-104.
- Koca HU. 2002. A study on the determination of some parameters of the scorpion fish (*Scorpaena porcus* Linne., 1758) caught by bottom nets in the area of Sinop in terms of fishery biology. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 26: 65-69.
- Koken E. 1884. Ueber Fisch-Otolithen, insbesondere über diejenigen der norddeutschen Oligocän-Ablagerungen. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 36: 500-565.

- Kraljević M, Brusina R, Pallaoro A, Jardas I. 2012. Morphological variability of otoliths in *Scorpaena porcus* from different parts of the Adriatic Sea. *Marine Biology Research*, 8: 15-18.
- Kutsyn DN, Skuratovskaya EN, Chesnokova II. 2019. Body size, age structure, growth, and maturation of black scorpionfish *Scorpaena porcus* (Scorpaenidae) from southwestern Crimea (Black Sea). *Journal of Ichthyology*, 59: 864-869.
- Lombarte A, Castellón A. 1991. Interspecific and intraspecific variability in the otolith morphology of the genus *Scorpaena*. *Journal of Fish Biology*, 38: 25-29.
- Lombarte A, Chic Ò, Parisi-Baradad V, Olivella R, Piera J, García-Ladona E. 2006. A web-based environment from shape analysis of fish otoliths. The AFORO database. *Scientia Marina*, 70: 147-152.
- Mandić M, Mladineo I, Aničić I, Bažok R, Škaramuca A. 2016. Methods and techniques in otolith analysis for age, growth and migration studies of black scorpionfish (*Scorpaena porcus*) in the Adriatic Sea. *Fisheries Science*, 82: 90-93.
- Mateu-Vicens G, Avila CF, Morales-Nin JG, Alcover JA. 2012. Otolith shape analysis and growth characteristics of the brown scorpionfish, *Scorpaena porcus*. *Journal of Applied Ichthyology*, 28: 109-111.
- Morales-Nin B. 2000. Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. *Fisheries Research*, 46: 45-47.
- Pallaoro A, Jardas I. 1991. Food and feeding habits of the black scorpionfish (*Scorpaena porcus* L. 1758) (Pisces, Scorpaenidae) along the Adriatic coast. *Acta Adriatica*, 32(2): 885-898.
- Pashkov AN, Shevchenko NF, Oven LS, Giragosov VE, Kruglov MV. 1999. Distribution, numbers, and principal population indexes of *Scorpaena porcus* under anthropogenic pollution of the Black Sea. *Journal of Ichthyology*, 39: 634-641.
- Pavličević J, Zorica I, Turk V, Brusina R, Pavičić-Hamer M. 2014. Evolutionary adaptations in otolith morphology of black scorpionfish (*Scorpaena porcus*) in the Adriatic Sea. *Marine Biology*, 161: 30-33.
- Payan P, De Pontual H, Boeuf G, Mayer-Gostan N. 2004. Endolymph chemistry and otolith growth in fish. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Palevol*, 3: 535-547.
- Popper AN, Hoxter B. 1981. The fine structure of the sacculus and lagena of a teleost fish. *Hearing Research*, 5: 245-263.
- Popper AN, Fay RR. 2011. Rethinking sound detection by fishes. *Hearing Research*, 273: 340-342.

- Popper AN, Ramcharitar J, Campana SE. 2005. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and Freshwater Research*, 56: 497-504.
- Rodríguez Mendoza RP. 2006. Otoliths and their applications in fishery science. *Ribarstvo*, 3: 89-102.
- Smith J, Johnson A, Williams B. 2015. Understanding Correlation: A Practical Guide. *Journal of Statistics Education*, 23: 1-14.
- Stinton F. 1975. Fish otoliths from the english Eocene. *Monograph of the Palaeontographical Society*, 129: 1-56.
- Škeljo F, Ferri J. 2011. The use of otolith shape and morphometry for identification and size estimation of five wrasse species in predator-prey studies. *Journal of Applied Ichthyology*, 28: 524-530.
- Turan C, Gunduz I, Gurlek M, Yaglioglu D, Erguden D. 2009. Systematics of Scorpaeniformes species in the Mediterranean Sea inferred from mitochondrial 16S rDNA sequence and morphological data. *Folia biologica (Kraków)*, 57: 219-226.
- Tuset VM, Lombarte A, Assis CA. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72(S1): 7-198.