

Raznolikost faune dubokog mora

Jakovljević, Barbara

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:914255>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-03**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

RAZNOLIKOST FAUNE DUBOKOG MORA

DIVERSITY OF DEEP SEA FAUNA

ZAVRŠNI RAD

Barbara Jakovljević

Preddiplomski sveučilišni studij Znanosti o okolišu

(Undergraduate study of Environmental science)

Mentor: izv.prof.dr.sc. Petar Kružić

Zagreb, 2022.

Ovaj je rad izrađen u sklopu studijskog programa Znanosti o okolišu na Biološkom odsjeku, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom izv.prof.dr.sc. Petar Kružić.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Završni rad

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Raznolikost faune dubokog mora

Barbara Jakovljević

Mentor: izv.prof.dr.sc. Petar Kružić

Sažetak

Područje dubokog mora još nije dovoljno istraženo, radi specifičnosti tog okoliša i otežanih uvjeta. To je vrlo duboko područje, bez svjetla ili s vrlo malo svjetla, što otežava istraživanje njegovih značajki. Osim što otežava istraživanje ljudskoj ruci, otežava i život fauni dubokog mora. Životinje koje tamo obitavaju, žive u ekstremnim uvjetima, a izložene su naglim promjenama u temperaturi, visokom tlaku i ostalim nepogodnim uvjetima, što im itekako otežava život u dubokom moru. Upravo zato, morale su naći načina kako se adaptirati na takav način života, pa su mnoge npr. razvile sposobnost osvjetljavanja okoliša vlastitim organima. Ribe i ostale vrste koje tamo žive, uglavnom izgledaju strašnije nego vrste koje obitavaju u plićim dijelovima mora, ali upravo taj izgled je zaslužan za njihovo uspješno preživljavanje u ekstremno lošim uvjetima. Stoga, predmet ovog rada je opisati dubokomorski okoliš i dubokomorsku faunu, odnosno neke od vrsta koje tamo obitavaju s njihovim značajkama i biološkim karakteristikama.

Ključne riječi: duboko more, fauna, prilagodba

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Undergraduate paper

Faculty of Science

Department of Biology

Diversity of deep sea fauna

Barbara Jakovljević

Mentor: izv.prof.dr.sc. Petar Kružić

Abstract

The area of the deep sea has not yet been sufficiently explored, due to the specificity of that environment and difficult conditions. It is very deep, with little to no lighting, making it difficult to explore its features. In addition to making research difficult for the human hand, it also makes life difficult for the fauna of the deep sea. The animals that reside there live in extreme conditions, and are exposed to sudden changes in temperature, high pressure and other unfavorable conditions, which make it very difficult for them to live in the deep sea. Precisely because of this, they had to adapt to such a way of the environment leading many to develop the ability to illuminate their surroundings via their organs. The fish and other species that live there generally look scarier than the species that live in the shallower parts of the sea, but this very appearance is responsible for their successful survival in extremely poor conditions. Therefore, the aim of this paper is to describe the deep-sea environment and the deep-sea fauna, that is, some of the species that live there with their features and biological characteristics.

Key words: deep sea, fauna, adaptation

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ZNAČAJKE DUBOKOMORSKIH OKOLIŠA	2
2.1. Karakteristike dubokomorskih okoliša	2
2.2. Fauna dubokog mora	5
2.3. Biologija dubokomorskih riba	7
3. PRILAGODBE FAUNE NA ŽIVOT U DUBOKOM MORU	9
3.1. Tlak	9
3.2. Temperatura	9
3.3. Prostor	10
3.4. Svjetlo	11
3.5. Hrana	12
4. RAZNOLIKOST FAUNE DUBOKOG MORA	13
4.1. Ribe	13
4.1.1. <i>Iglozub (Chauliodus sloani)</i>	13
4.1.2. <i>Zmijozub (Anoplogaster cornuta)</i>	13
4.1.3. <i>Riba tronožac (Bathypterois grallator)</i>	15
4.1.4. <i>Pastir šiljoglavac (Centrolophus niger)</i>	15
4.1.5. <i>Morski vrag (Melanocetus johnsoni)</i>	16
4.1.6. <i>Dugonosa himera (Harriotta raleighana)</i>	17
4.2. Ostale skupine	17
4.2.1. <i>Dubokomorski koralji</i>	17
4.2.2. <i>Dubokomorski glavonošci</i>	18
4.2.3. <i>Dubokomorski škampi</i>	20
4.2.4. <i>Pompejski crv</i>	21
5. ZAKLJUČAK	22
6. LITERATURA	23
7. POPIS SLIKA	24

1. UVOD

Dubokomorski okoliš relativno je slabo istražen radi mnogih komplikacije koje ga obilježavaju. On je vrlo duboko, tamo svjetla nema ili je jako slabo, pa samim time, čini se težim za istraživanje od plićeg dijela mora. Životinje koje tamo žive, žive u ekstremnim uvjetima, izložene su visokom tlaku, naglim promjenama u temperaturi i žive u okolini bez ili s vrlo malo sunčeve svjetlosti. Dubokomorsko dno je siromašno nutrijentima i ostalim izvorima hrane, pa životinje koje tamo obitavaju imaju određene prilagodbe tom načinu života. Primjerice, razvile su sposobnost bioluminiscencije koja im omogućuje proizvodnju svjetlosti vlastitim organima. Dugo se smatralo da tamo uopće nema života, dok se u 19. stoljeću nije krenulo dublje istraživati. Iz tog istraživanja proizašli su nalazi da postoji život u dubokomorskom okolišu, odnosno da čak i u najvećim dubinama i ekstremnim uvjetima, ima života.

Ribe koje žive u dubokim morima imaju zastrašujuće izgleda, pa ih mnogi nazivaju i čudovištima iz dubine. Imaju neobične izgleda, npr. velika usta ili velike zube, radi ekstremnog okoliša u kojem žive i nedostatku hrane. Bez obzira na sve to, prilagodile su svoj način života i tamo obitavaju mnoge vrste, dugi niz godina. Ostale vrste koje žive na području, također su određenim dijelovima svojeg tijela prilagodile svoj život u dubokom moru, primjerice pompejski crv sposoban je preživjeti iznimne vrućine. Stoga, predmet ovog rada je opisati dubokomorski okoliš i dubokomorsku faunu, odnosno neke od vrsta koje tamo obitavaju s njihovim značajkama i biološkim karakteristikama.

Rad je strukturiran u pet poglavlja. Nakon uvodnog dijela, u drugom dijelu rada odnosno u drugom poglavlju, prikazane su značajke dubokomorskih okoliša, a u trećem poglavlju prikazane su prilagodbe dubokomorskih riba i ostalih vrsta na okoliš u kojem žive. U četvrtom poglavlju prikazane su neke od vrsta koje tamo obitavaju, nakon čega slijedi zaključak, popis korištene literature i slika prikazanih kroz rad.

2. ZNAČAJKE DUBOKOMORSKIH OKOLIŠA

2.1. Karakteristike dubokomorskih okoliša

More čini vodenu masu na Zemljinoj površini prosječno jednakih fizičko-kemijskih svojstava koji su međusobno povezani. More je vodena masa koja se nalazi među kontinentima te između otoka i kontinenta, dok su npr. veliki zaljevi i jezera, zasebne vodene površine (Mrežne stranice Hrvatske enciklopedije).

Brojne značajke mora kao životnog okoliša, ovise o fizikalnim i kemijskim svojstvima vode. Tako molekule vode imaju asimetričan električni naboj koji je blago pozitivan na strani vodika, a blago negativan na strani kisika. To omogućuje povezivanje preko vodikovih veza. Morska voda je zapravo kompleksna otopina u kojoj se tope anorganske i organske tvari uključujući i plinove, a raspršene su u njoj i anorganske i organske čestice i brojni mikroorganizmi. U moru se apsorbira oko 80% sunčeve svjetlosti u prvih 10 metara, a što se tlaka tiče, on se povećava dubinom. More proizvodi različita gibanja, npr. stalna gibanja (morske struke), povremena gibanja (valove) i periodička gibanja (morske mijene) (Šolić, 2005).

Preko 70% ukupne Zemljine površine¹ prekriveno je morem, od čega 61% na sjevernoj hemisferi, a 80% na južnoj. Površina mora čini oko 360 milijuna km², što je gotovo 2.4 puta više od površine kopna. Prosječna dubina mora iznosi oko 3800 m, s volumenom od 1370 milijuna km³ (Šolić, 2005). Svjetsko more čini jedinstvenu vodenu cjelinu koja okružuje sve kontinente, a kontinentima i oceanima je podijeljeno na manje cjeline koje se nazivaju oceanima, pa tako postoje Tihi Ocean, Atlantski ocean, Indijski ocean, Južni ocean i najmanji – Arktički ocean. Manji dijelovi svjetskog mora nazivaju se mora u užem smislu (Mrežne stranice Hrvatske enciklopedije).

Morska staništa dijele se prema različitim kriterijima, odnosno prema:

- a) Topografiji – na oceane i mora i na temelju profila morskog dna²;
- b) Površinskoj temperaturi – polarna mora, subopolarna mora, umjerena, tropska mora;

¹ Koja ukupno iznosi oko 510 milijuna km²

² Npr. obalna linija, kontinentalna podina, kontinentalni slaz i slično

- c) Batimetrije – porastom dubine mijenjaju se tri parametra (svjetlost, temperatura i zrak) (Šolić, 2005).

Drugim riječima, mora je moguće podijeliti prema tri kriterija koja su ranije vidljiva. Sortiranost mora je zapravo pokazatelj brojnosti pojedinih veličinskih kategorija. Karakteristike morske vode su:

- a) Salinitet;
- b) Temperatura i tlak;
- c) Morske struje;
- d) Morska doba (Mrežne stranice Hrvatske enciklopedije).

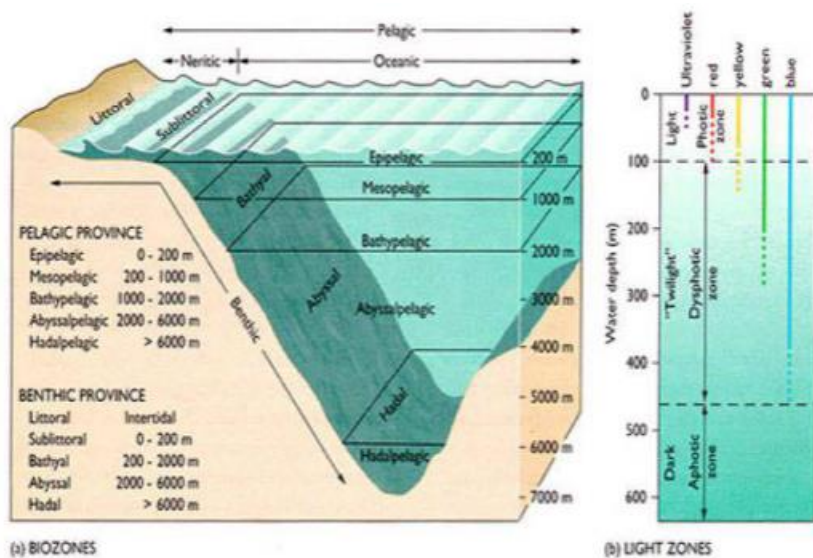
Duboko more ili dubokomorski okoliš, obuhvaća sve zone oceana osim one epipalegičke. Kako oceani prekrivaju 70,8% Zemljine površine, i dubokomorska staništa od toga čine oko 90%. Dubokomorski okoliš je specifičan, radi niske temperature, visokog tlaka, sveprisutne tame i male biomase. Također, u njemu su stalne fizikalne promjene s povećanjem dubine. Primjerice, hidrostatski tlak je linearna funkcija koja se povećava na svakih desetak metara dubine (npr. tlak se povećava za jednu atmosferu ili 101.325 Pa). Tlak utječe na topivost plinova u vodi, a na dubini od jednog kilometra, ima utjecaj i na ekstrakciju CO₂ iz vode za pretvorbu u CaCO₃. Navedenim povećanjem tlaka i dubine, smanjuje se ekstrakcija kisika za disanje. Biomasa dubokog mora odgovara u suštini godišnjoj produkciji na površini, a pada povećanjem dubine kako se veze do osnove hranidbenog lanca produžuju. Također, raznolikost vrsta ovisi o dubini, odnosno pada s dubinom (Robinson, 2004).

Sve do sredine 19. stoljeća, prevladavalo je mišljenje da u dubokomorskim staništima niti nema života, ali je Britansko kraljevsko društvo ipak organiziralo ekspediciju tog mora. Prijedeno je tako 127.583 km, a uzorci su uzeti na 361 postaji. Iz tisuća dubokomorskih uzoraka je utvrđen da u dubokom moru zaista ima živih organizama. Shvatilo se da su te životinje razvile se drugačije od obalne faune, prilagođavajući se svojoj sredini (Mrežne stranice Hrvatske enciklopedije).

Kako je ranije rečeno, duboko morsko stanište zauzima sva područja osim epipelagijala, koji čini prostor od 0 do 200 metara dubine i tamo obitava oko 250 vrsta riba. S druge strane, mesopelagijal se proteže između 200-1000 metara i broji oko 750 vrsta. To se često naziva zonom sumraka jer

taj prostor ima vrlo malo sunčeve svjetlosti. Slijedeći je batipelagijal koji se proteže 1000-4000 metara s oko 200 vrsta, a na otprilike 3000 metara dubine, nalazi se abisalna zona koja ima uniformne uvjete, vrlo nisku temperaturu i tamna je. Prosječna temperatura na toj i nižoj dubini (npr. na 4000 metara) je oko 2 stupnjeva celzijusa. U tom je području sve mirno, bez utjecaja površine, a količina kisika ovisi o polarnim regijama. Posljednja zona naziva se hadal, što je područje dubokomorskih jaraka na dubini od 6000 metara (Robinson, 2004). Dakle, dubokim se morem smatraju područja ispod epipelagičke zone otvorenog mora te obuhvaćaju ranije navedene zone. Zanimljivo je primjerice da batipelagijal uključuje oko 75% površine oceana te da tamo žive uglavnom crno ili crveno obojene ribe, kao i mnogi bioluminiscentni organizmi koji emitiraju zelenu i plavu svjetlost.

Podjela morskog staništa i prodor svjetla u moru, prikazani su na slici 1.



Slika 1. Podjela morskog staništa i prodor svjetla u moru ovisno o dubini

Kako je prikazano na slici 1., morska staništa se dijele prema prodoru svjetla u more i drugim ranije spomenutim kriterijima. Vidljivo je da postoje različite vrste morskog staništa, prema dubini i slično. Dubokomorska staništa tako imaju određene značajke, iako je do sada relativno malo poznato o životu u dubokom moru. Ipak, za duboka mora moguće je reći da su veoma siromašna nutrijentima i ostalim izvorima hrane, pa su životinje koje tamo obitavaju, prisiljene na razvoj određenih prilagodbi. Primjer toga jest prije spomenuta bioluminiscencija koja omogućuje

proizvodnju vlastite svjetlosti (Collette i sur., 2009). Više o tome kako su se dubokomorske ribe i ostala fauna, priviknule na ovaj zanimljiv okoliš, dalje u nastavku poglavlja.

2.2. Fauna dubokog mora

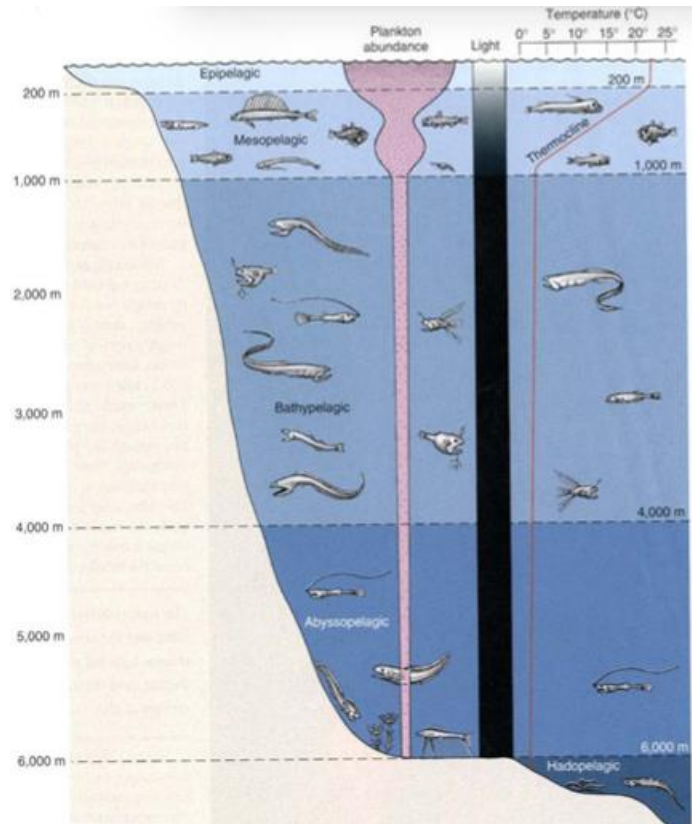
Fauna dubokog mora je vrlo specifična, a dubokomorske životinje morale su razviti različite načine prilagodbe teškom okruženju u kojem žive. Dubokomorsku faunu u prvom redu čine neki zrakashi, osobito skupina *Tuscaroridae*, zatim staklene spužve *Hexactinellidae*, ali i mnogi jednakonožni i desetonožni rakovi, mnogo vrsta glavonožaca koji osobito pripadaju skupini *Cirromorpha*. Od bodljikaša, česti su stapčari koji čine dubokomorske livade jer su uglavnom prirasli za morsko dno. Također, tu se mogu naći i morske zvijezde, trpovi i slično. Također, u tom području obitavaju i bradnjaci, mnogočetinaši, stapčari, zmijače i slično, koji mogu živjeti u uvjetima do 7000 metara (Mrežne stranice Hrvatske enciklopedije).

Općenito, opća biološka obilježja dubokomorskih organizama su:

- a) Razmnožavanje i razvoj – malo jaja s puno rezervne tvari, kasno spolno sazrijevanje, polagan embrionalni razvoj i često se razmnožavaju samo jednom;
- b) Fiziološka – spori metabolizam, manji sadržaj proteina (enzima), visok sadržaj vode u tkivu i mala veličina tijela;
- c) Ekološka – polagani rast, dugo žive, polako koloniziraju nova mjesta, mala gustoća populacije i niski mortalitet (Sučić, 2009).

Budući da u dubokom moru nema primarne reprodukcije, iznimka su mala područja oko hidrotermalnih ispusta, a organizmi su ovisni o hrani koja potone iz površinskih slojeva. Vjerojatnije je da će hrane biti manje pri dnu, odnosno u velikim dubinama, radi prethodne razgradnje ili činjenice da vrste koje obitavaju u plićim dijelovima, prije dohvate nego životinje u dubljim dijelovima (Sučić, 2009).

Na slici 2. prikazana je preraspodjela hrane, odnosno ovisnost gustoće populacije mezopelagijala i dubokog mora o planktonima i izvorima svjetlosti.



Slika 2. Ovisnost gustoće populacije u dubokom moru o gustoći planktona i intenzitetu svjetlosti

Većina, dakle, organskih tvari ostaje kružiti unutar životnih ciklusa u površinskim slojevima mora, pa je razvidno da ispod 4000 metara dubine, stiže samo 1-3% organske tvari, odnosno hrane.

Najčešće se organizmi u dubokomorskom okolišu dijele na način prehrane i to:

- a) Mikrofagi – hrane se bakterijama i česticama u suspenziji;
- b) Limnivorni organizmi – hrane se tako što gutaju sediment i površinski film;
- c) Grabežljivci i strvinari – brojne prilagodbe radi hranjenja, npr. rastezljive želuce (Sučić, 2009).

Također, česti su simbiotski odnosi, upravo radi nedostatka hrane. Dakle, dubokomorski organizmi svoj su način života prilagodili uvjetima i staništu u kojem se nalaze. Pritom, na dubokomorski okoliš odnosno život u njemu, utječu tri važna faktora i to nedostatak svjetlosti, primarne produkcije i izmjene vodenih masa. Anatomske prilagodbe tako uključuju: redukciju kostiju, reduciranu mišićnu masu, velike oči i dr. (Mrežne stranice Biologija.hr). Organizmi u dubokom

moru, dakle, uglavnom se susreću s raznim problemima koji utječu na njihov fizički izgled i način svladavanja određenih prirodnih životnih funkcija pa su se zato ribe i ostale vrste tog područja, prilagodile posebnim ekološkim uvjetima.

2.3. Biologija dubokomorskih riba

Dubokomorske ribe iz područja mezopelagijala i batipelagijala razlikuju se po svojim karakteristikama, prije svega fiziološkim i morfološkim, od epipelagičkih riba. Razvile su određene prilagodbe što je omogućilo nastanjivanje i najekstremnijih područja. Tako se mezopelagičke ribe odlikuju svjetlijim bojama, velikim čeljustima i teleskopskim očima. Kostur im je reduciran, sadrže svjetleće organe i često u sumrak migriraju u višeslojne zone radi hranjenja. Pritom su izložene mnogim napadima predatorima i naglim temperaturnim promjenama. Prije zore pak migriraju natrag u dublje slojeve gdje su temperature stalne, a mogućnost predacije je mnogo manje. U tom se području njihov organizam usporava kako bi čuvale energiju (Hutchins i sur., 2003).

Dubokomorske ribe dišu polako, a rijetko su veće od 30 cm. Tijelo im sadrži veliku količinu vode i malo proteina, a bez hrane mogu biti dugo. Energiju koju dobivaju iz hrane, više koriste u osnovnom obliku nego li za izgradnju tijela (Mrežne stranice Hrvatske enciklopedije).

Uglavnom, sve ribe u ovom području izgledaju donekle zastrašujuće i često su malene do 10 cm, uz goleme glave u odnosu na veličinu tijela. One ne migriraju ka površini radi prevelikih razlika u tlaku (Mrežne stranice Biologija.hr). Nadalje, batipelagičke vrste su manje, s većim pomičnim čeljustima i oštrim zubima, imaju često reducirane oči, velik želudac, fotofore i ekstremnu redukciju kostura i mišića. Lokomocija im je ograničena radi usporenog metabolizma i uštede energije. Imaju i određeni oblik spolnog dimorfizma (Collette i sur., 2009).

Fotofori i svjetleće bakterije koje sadrže ove vrste, često im dobro dođu u potrazi za plijenom ili pak za nalaženje partnera. Radi veoma malih koncentracija jedinki u ovom području, ženke su prisiljene ispuštati veću količinu feromona, a mužjaci zato imaju povećan osjet mirisa. Sve u svemu, dubokomorske ribe imaju spor embrionalni razvoj koji uključuje epipelagičku ličinku i kasno spolno sazrijevanje. Nekoliko čimbenika koji su navedeni ukazuju na to da ove ribe odstupaju od vrsta u površinskim slojevima, što je utjecalo na selekciju između riba prilikom

zauzimanja staništa i niša (Collette i sur., 2009). Neki od tih čimbenika su tlak, temperatura, prostor, svjetlo i hrana, o čemu više u nastavku rada.

3. PRILAGODBE FAUNE NA ŽIVOT U DUBOKOM MORU

3.1. Tlak

Izrazito visok tlak u dubinama mora je zapravo presudan za razvoj mnogih prilagodbi organizama koji žive tamo. Primjerice, između gornjeg sloja mezopelagijala i najdubljeg sloja batipelagijala, tlak je 20 puta veći te raste s 20 na 400 atm. Ribe i druge vrste koje obitavaju na najvećim zabilježenim dubinama, podnose tlak od 700 do 800 atm (Helfman i sur., 1997).

Visok tlak, dakle, ima utjecaj na proteine što utječe i na brzinu kemijskih reakcija kod riba koje žive u dubokom moru. Nekoliko mezopelagičkih i batipelagičkih vrsta razvile su proteine koji su manje osjetljivi na tlak. Strukture koje sadržavaju plin su osjetljive jer volumen i topivost plina ovise upravo o tlaku, a organ koji se nalazi pod najjačim utjecajem jest mjehur. Stoga, ribe su se prema tome prilagodile na tri načina:

- a) Rete mirabile – glavni organ za stvaranje plina je višestruko veći kod dubokomorskih riba;
- b) Batipelagičke ribe nemaju plivaći mjehur nego plovnost postižu reduciranjem teških struktura (npr. tjelesnih mišića i kostiju);
- c) Većina riba u dubokom moru pripada primitivnim koštunjačama koje imaju direktno povezan plivaći mjehur i crijevo, ali su u tim uvjetima zatvorile taj prolaz čime sprječavaju da plin izađe iz plivaćeg mjehura (Helfman i sur., 1997).

Tlak je u ovim područjima izrazito visok, pa isti predstavlja problem za tjelesne šupljine životinja. U tom kontekstu, većina riba u ovom području nema plivaćih mjehur već ga zamjenjuje mjehur ispunjen lipidima, a masti koje imaju, lakše su od morske vode što omogućuje lakše plivanje i plutanje.

3.2. Temperatura

Kako je temperatura u dubokomorskim staništima konstantna, ona ne predstavlja problem osim ako ribe ne migriraju vertikalno. Ribe koje imaju sposobnost vertikalnog kretanja moraju funkcionirati u rasponu temperature sve do 20 stupnjeva. Takve vrste imaju više DNA stanica od nemigratornih vrsta, što omogućuje višestruke enzimatske sustave koji mogu funkcionirati na različitim temperaturama (Helfman i sur., 1997).

3.3. Prostor

Volumen koji obuhvaća duboko more izuzetno je velik, što stvara poteškoće u pronalaženju partnera i hrane. Stoga, jedna od bitnih prilagodbi riba koje ovdje žive jest razvoj spolnog dimorfizma. Jedinke dubokomorskih riba nisu gusto naseljene, a gustoća naseljenosti je još manja kod ženki. Da bi se uspješno razvile i razmnožile, ribe su morale razviti neke prilagodbe za pronalaženje partnera, pa su razvile npr. različite svjetlosne signale i feromone za privlačenje mužjaka. U mnogo porodica dubokomorskih riba, izražen je stoga spolni dimorfizam. To znači da je patuljasti mužjak uglavnom prilagođen parazitiranju na ženki na čiju se trbušnu stranu pričvrsti čeljustima. Na mjestu kontakta stvara se tkivo nalik posteljici preko kojeg se mužjak hrani. Time se osigurava oplodnja. Problem u tome je što kad ženka ugine, ugiba i mužjak jer se ne može hraniti (Munk, 2000).

Primjer takve ribe jest vrsta *Melanocetus johnsonii*, gdje je mužjak izrazito malen (doseže tek 20-400 mm duljine) a ženka naraste i do 1,2 metra. Mužjak uglavnom parazitira na ženki tako da se pričvrsti na nju, a njegovi unutarnji organi se degeneriraju. Primjer te ribe prikazan je na slici 3.



Slika 3. Vrsta *Melanocetus johnsonii*

3.4. Svjetlo

Područje dubokomorskog okoliša je uskraćeno za svjetlost koja je neophodna za primarnu produkciju i rast bilja. Samim time, smanjena je i količina hranjivih tvari koje tamo dopijevaju, pa dubokomorske ribe imaju iznimno oštre receptore za detekciju svjetlosti (Collette i sur., 2009).

U mezopelagijalu odnosno zoni sumraka, ribe su većinom srebrne boje s mnogobrojnim fotoforama, velikim i osjetljivim očima s razvijenim plivaćim mjehurom. Za razliku od njih, ribe koje žive u potpunom mraku, uglavnom su crne ili depigmentirane, oči imaju male ili reducirane, a fotofore im služe samo kao mamac. Nemaju plivaći mjehur i bočna pruga izrazito im je razvijena. Fotofore čine žljezdani kožni organ koji proizvodi svjetlost, koji ribe koriste kod predacije, mimikrije i slično. Fotofore su organi u kojima ribe proizvode svjetlost ili služe kao spremišta za simbiotske bakterije (Hart i Reynolds, 2002).

Biolozi smatraju da većina organizama koji žive u tom području, imaju razvijenu sposobnost bioluminiscencije odnosno stvaranja svjetlosti pomoću molekula iz tijela. To je pojava koja nastaje kada živi organizam emitira vidljivo svjetlo, što je rezultat kemijske reakcija. Životinje u moru uglavnom emitiraju svjetlost plave ili zelene boje. To koriste čak i tijekom rituala parenja (Mrežne stranice Biologija.hr).

Na slici 4. prikazan je primjer ribe koja se koristi bioluminiscencijom.



Slika 4. Primjer bioluminiscencije

Na slici 3. prikazan je primjer dubokomorske ribe koja svijetli svojim dijelovima tijela, kako bi osigurali hranu, parenje i druge procese. Neke ribe čak "gase svjetla" kada im više ne trebaju, neke to koriste kao zaštitu od UV zračenja, a neke za privlačenje plijena.

3.5. Hrana

Budući da u dubokomorskom okolišu nema primarne produkcije, organizmi ovise o hrani koja potone s površine. Tako u more dublje od 4000 metara, stiže samo 1-3% organskih tvari. U tom smislu, dubokomorske ribe razvile su određene prilagodbe, npr. izrazito velika usta i veliki oštri zubi koji podsjećaju na bodež ili igle, svjetleće mamce i rastezljivo probavilo. Asimilacija hrane kod njih je učinkovita jer odnos uložena energija-dobivena energija kod probave hrane, je povoljniji nego kod migratornih vrsta iz mezopelagičkog područja (Drazen i sur., 2007). Sve dubokomorske ribe hrane se zooplanktoima, većim beskralješnjacima i drugim ribama.

4. RAZNOLIKOST FAUNE DUBOKOG MORA

4.1. Ribe

4.1.1. Iglozub (*Chauliodus sloani*)

Iglozub pripada porodici Stomiidae, a živi na dubinama od 200 do 4700 metara. Prepoznatljiv je prije svega po velikim ustima i izrazito ostrim i dugim zubima koji mu ne stanu u usta. Ima posebnu preobraženu čeljust koja se može izrazito jako otvoriti, gotovo okomito, a srce i šрге pomiju se prema natrag i dolje da bi imao mjesta za hranu. Tako iglozub može progutati ribu veliku kao polovica njegova tijela. Ima dugo tijelo, srebrnkaste boje, a po tijelu ima veliki broj fotofora. Može narasti do 35 cm, a uglavnom obitava u toplijim dijelovima srednjeg Atlantika, Indijskom oceanu i u istočnom dijelu Pacifika. Ipak, moguće ga je naći i u Mediteranu, Južnom i Istočnom kineskom moru (Borovac, 2001). Njegov izgled prikazan je na slici 5.



Slika 5. Iglozub

Njegovo ime znači u doslovnom smislu iglozub strašni, kada se prevodi sa latinskog (*Chauliodus sloani*), a to ime nosi s pravom, kako je i vidljivo na slici 4. Njegova je ogromna čeljust optočena igličastim zubima, koji su enormno veliki, pa ova riba ima najveće zube u odnosu na veličinu glave među svim poznatim ribama. Tijekom dana, boravi u dubljim dijelovima oceana, a noću se diže u pliće vode gdje ima i više hrane. Svoj plijen napada velikom brzinom (Kolundžija, 2012).

4.1.2. Zmijozub (*Anoplogaster cornuta*)

Zmijozub pripada porodici Stomiidae, kao i ranije spomenuti iglozub. To je dubokomorski predator s neobičnim prilagodbama za lov plijena. Primjerice, ima veliku gipku čeljust i oštre zube,

fotofore diljem dijela, ali nema ljusaka na tijelu. Crno-smeđe boje je i hrani se noću kad ide bliže ka površini, dok je po danu u dubljim vodama (Borovac, 2001). Kako izgledaj zmijozub, vidljivo je na slici 6.



Slika 6. Zmijozub

Zmijozub nastanjuje najdublje dijelove batipelagijala, ima duge zakrivljene zube, veliku čeljust i kratko tijelo. Uglavnom je strvinar, radi uvjeta u kojima obitava, a mlade jedinke se razlikuju od odraslih (Borovac, 2001). Zmijozub je relativno mala riba, doseže tek do 15 cm, a za ljude ne predstavlja opasnost. On je borbeni lovac koji može preživjeti u strašnim uvjetima i manjku hrane. Općenito, zmijozubi mogu konzumirati plijen znatno veći od sebe, što ih čini vrlo zanimljivima (Mrežne stranice Biologija.hr).

Uz ranije navedenog zmijozuba, ističe se i crni zmijozub (*Idiacanthus antrostomus*) koji pripada istoj porodici. Ima crno, zmijoliko tijelo i velike zube. Zubi mu se okreću kako bi mogao otvarati i zatvarati usta, a ženske su do četiri puta veće/dulje od mužjaka. Plijen privlači koristeći svjetlosne organe smještene na kraju brčića. Ima i svjetleće organe duž trbuha, a također se hrani noći pomičući se bliže površini. Hrani se manjim ribama (Borovac, 2001). Prikazan je na slici 7.



Slika 7. Crni zmijozub

4.1.3. Riba tronožac (*Bathypterois grallator*)

Riba tronožac pripada redu Aulopiformes. To je riba uzdignuta od dna oceana na tzv. tronošcu što ga čine izdužene šipčice trbušnih peraja i repne peraje, radi čega je i dobile ime riba tronožac. Hrani se uglavnom sitnim rakovima, a ima vrlo malene oči, s velikim ustima, a kraj gornje čeljusti je smješten iza ruba očiju. Prsne peraju imaju razgranatu živčanu mrežu (Borovac, 2001). Izgled ribe tronošca, prikazan je na slici 9.



Slika 8. Riba tronožac

Ova neobična riba uglavnom je grabežljivica, ali među njima postoje i vrste koje se hrane strvinama i drugim ostacima. Struktura njihova tijela (u obliku tronošca), omogućuje im lakše kretanje. Osim toga, tronožac im omogućuje odmaranje kada stoje na dnu, a duljina tih zraka može biti do jednog metra. Duljina odrasle ribe uglavnom je 30-37 cm (Borovac, 2001).

4.1.4. Pastir šiljoglavac (*Centrolophus niger*)

Pastir šiljoglavac pripada redu Perciformes. Živi pojedinačno ili u jatima, a tijelo mu je vretenastog oblika, bočno spljošteno. Ima uglavnom crnu boju s leđne strane, sivu s trbušne strane, a može narasti čak do 150 centimetara (Borovac, 2001). Izgled je vidljiv na slici 10.



Slika 9. Pastir šiljoglavac

Prvi put ga je opisao njemački ljekar, botaničar i kemičar Johann Friedrich Gmelin. To je pelagička vrsta koja ponekad formira jato, a nastanjuje se na dubini od 40 do 1050 metara. Iako je, kako je ranije spomenuto, moguće da naraste do 150 cm, najčešće je veličine oko 60 centimetara. Hrani se ribom, lignjama, rakovima i zooplanktonima. Iako je dubokomorska riba, često odlazi i u pliće dijelove, a mlade jedinke imaju poprečne tamne pruge na bokovima i žive bliže površini. U Jadranu je veoma rijetka ova vrsta, a najviše ga ima u istočnom Atlantiku i južnom Pacifiku (Borovac, 2001).

4.1.5. Morski vrag (Melanocetus johnsoni)

Morski vrag pripada porodici Lophiformes. Zaobljena je tijela što mu stvara problem za plivanje, ali to je veoma praktično za nepomično stajanje u vodi. Ima glatku kožu, tamnu i bez ljuski te mamac iznad glave. Mamac je nastao izdvajanjem i produživanjem šiljaka iz leđne peraje te završava nepravilnom mesnatom svjetlećom izraslinom koja mu pomaže prilikom hvatanja hrane (Borovac, 2001). Neobičan izgled ove ribe vidljiv je na slici 11.



Slika 10. Morski vrag

Neobična izraslina na vrhu glave, služi mu, dakle, za isijavanje svjetlosti koja privlači sitna morska bića kojima se hrani. Ovu vrstu ribe teško je vidjeti u prirodi. Često je velika tek oko 9 cm, a muški su primjerci čak i kraći. Muškima je jedina svrha da se pare sa ženkama prije nego umru.

4.1.6. *Dugonosa himera (Harriotta raleighana)*

Općenito, himere su ribe uglavnom s velikim glavama i tankim, dugačkim repovima. Imaju više-manje valjkasto tijelo, spljošteno bočno, s velikim očima i slično. *Dugonosa himera* pripada porodici *Rhinochimaeridae*, a obitava na dubinama između 200 i 2600 metara. Doseže veličinu do 1,5 metra, a na leđnoj peraji ima bodlju koja je vrlo otrovna te zato služi za obranu od predatora (Borovac, 2001). Ima veoma dugi nos, radi čega se i naziva *dugonosa himera*, kako je vidljivo na slici 12.



Slika 11. *Dugonosa himera*

Ova vrsta himere ima dugi nos, velika usta i otrovna leđa, što ju čini relativno opasnom ribom. Iz porodice je morskih pasa i raža, a obično se nastanjuje u područjima gdje nije dostupna ljudima.

4.2. Ostale skupine

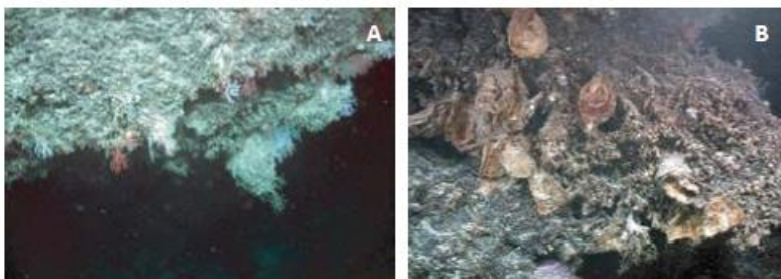
4.2.1. Dubokomorski koralji

Unatoč relativno nepovoljnim uvjetima, u dubokom moru žive koralji iz nekoliko sistematskih skupina unutar koljena *Cnidaria* koji mogu stvarati grebene. Dubokomorski koralji tako su prilično različiti od onih u plitkom moru, a žive u gotovo svim svjetskim oceanima i morima, na fjordovima, duž ruba kontinentalne podine i na morskim masivima. Žive uglavnom bez svjetlosti, u području relativno bogatom nutrijentima, što čini razliku u odnosu na koralje u plitkom moru.

Nemaju simbiotske alge nego ovise o organskoj tvari koja dolazi iz plićih dijelova (Freiwald, 2004).

Na njihov život utječu razni biološki i ekološki faktori, od čega su najvažniji temperatura, salinitet, tlak, svjetlost i izvor hrane. Nije poznato koliko su i jesu li otporni na temperaturne promjene i promjene u salinitetu, jer je provedeno tek nekoliko relevantnih mjerenja o tome. Što se tiče tlaka, povećan tlak stvara općenito probleme za tjelesne šupljine životinja, pa i kod koralja. Dubokomorski koralji najčešće se hrane živim planktonima ili česticama organskih tvari koje uspiju ugrabiti. Za razliku od tropskih grebena, u dobokom moru koralji ovise o pelagičkoj produkciji hrane (Freiwald, 2004).

Na slici 12. prikazan je primjer dubokomorskih koralja, točnije zajednice bijelih koralja iz Sicilijskog kanala blizu Malte.



Slika 12. Primjer zajednice koralja u dubokomorskom okolišu

Zajednice koralja u dubokom moru žarišta su bioraznolikosti i živog svijeta. oni imaju dugi životni vijek i nisku stopu rasta s dugim reproduktivnim ciklusom. Neki dubokomorski koralji tvore grebene i kompleksna trodimenzionalna staništva nalik šumama. Oni stvaraju bogati ekosustav i pružaju sklonište, hranilište i rastilište brojnim organizmima dubokog mora (Freiwald, 2004).

4.2.2. Dubokomorski glavonošci

Jedan od primjera dubokomorskih glavonožaca jest vrsta koja pripada porodici *Cranchiidae*. To je glavonožac vrlo velike veličine, a najveći zabilježen primjerak imao je dužinu plašta od 2,5 metra, s ukupnom dužinom od 5,4 metara. To je *Mesonychoteuthis hamiltoni* koja je primjerice, pronađena s ukupnom težinom od čak 495 kilograma. Na svakoj očnoj jabučici ova vrsta ima fotofore, koji joj omogućuju dovoljno svijetla da vidi svoj plijen u mraku. Svoje krakove uglavnom

drži prema gore, odnosno preko glave, a za bolje hvatanje i držanje plijena ima tentakule za bolje prijanjanje (Bistričić, 2009). Navedena vrsta vidljiva je na slici 13.



Slika 13. Vrsta M. Hamiltoni

To je vrlo aktivni i agresivni predator, s mišićavim plaštom i masivnim perajama na repu. Kreće se prema naprijed, a često vrlo i eksplozivno napada plijen. Hrani se ribama koje uglavnom pokida pomoću klijesta u ustima. Rasprostranjena je uglavnom na dubinama ispod 1000 metara (Bistričić, 2009).

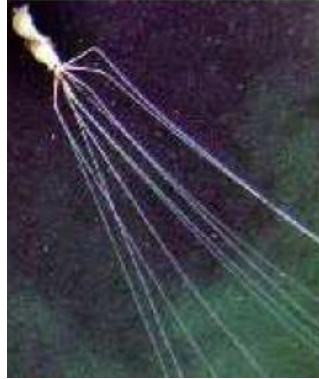
Slijedeći primjer glavonošca je vrsta *Galiteuthis phyllura* koji se kao i većina drugih vrsta i porodice oslanja na nevidljivost radi vlastite prozirnosti tijela. Kada je uznemirena, jako napuše plašt s vodom i ispušta tintu u šupljinu plašta. Brzo se stoga pretvara iz prozirne lignje u vrlo tamnu. Zabilježene su jedinke s dužinom plašta od 2,7 metara (Bistričić, 2009). Vidljiva je na slici 14.



Slika 14. Galiteuthis phyllura

Nadalje, porodica Magnapinnidae sadrži pet dubokomorskih vrsta koje pripadaju rodu *Magnapinna*. Te vrste imaju uglavnom manje glave s velikim očima i terminalno postavljene

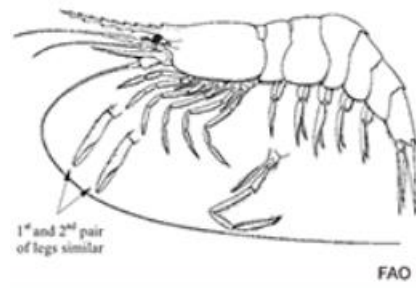
peraje. Imaju i duge i tanke krakove i tentakule koje je teško raspoznati pa djeluje kao da ih ima deset. Krakovi i tentakuli su im podijeljeni u dva dijela, a postavljeni su okomito na os tijela (Bistričić, 2009). Primjer jedne takve vrste, prikazan je na slici 15.



Slika 15. Vrsta Magnapinna u svom karakterističnom okruženju

4.2.3. Dubokomorski škampi

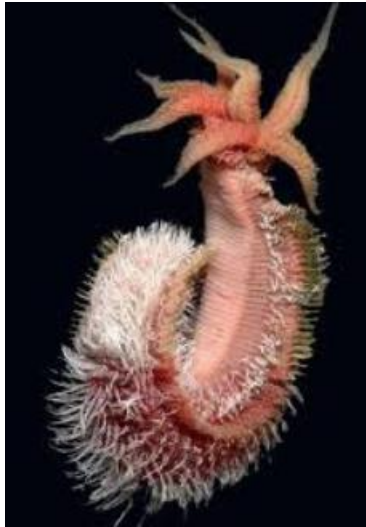
Dubokomorski škampi iz porodice *Ophlophoridae* su bioluminiscentna bića pronađena u oceanima, odnosno u dubokim morima. Dubokomorski škampi posjeduju izvanredan mehanizam osvjetljavanja okoliša vlastitim tijelom u obliku plavog luminiscentnog svjetla koji vjerojatno potječe iz hepatopankreasa i izlučuje se kroz usta. To im je obrambeni mehanizam koji se razvio radi predatorskih pritisaka unutar svjetlosno ograničenih područja dubokog mora. Sve vrste iz ove porodice danju borave na dubini ispod 200 metara, što ih čini mezapelagijalnim ili batipelagijalnim organizmima (Wong i sur, 2014). Primjer njihova izgleda vidljiv je na slici 16.



Slika 16. Dubokomorski škampi

4.2.4. Pompejski crv

Pompejski crv ili *Alvinella pompejana*, je vrsta dubokomorskih poliheta odnosno čekinjastih crva. To je životinja pronađena samo u hidrotermalnim otvorima u Tihom oceanu, a otkriven je otprilike 1980-ih godina kod Galapagosa. Može doseći i do 13 centimetara dužine i bljedosome su boje, sa crvenim škragama nalik na pipke na glavi. Njihovi repovi često miruju na temperaturama do 80 stupnjeva, dok su im glave skrivene u cijevima u kojima je temperatura mnogo niža (oko 21 stupanj). Uglavnom žive u simbiotskom odnosu s bakterijama, a luče sluz iz sitnih žlijezda na leđima kako bi nahranili bakterije, dok su zauzvrat zaštićeni određenim stupnjem izolacije. Stoga, znanstvenici nagađaju da bakterije imaju važnu ulogu u njihovu hranjenju (Mrežne stranice Biologija.hr). Primjer izgleda ovog crva, prikazan je na slici 17.



Slika 17. Pompejski crv

Ime je dobio po hidrotermalnim izvorima nedaleko od mjesta gdje obitava. To je višecelijska životinja koja je vrlo otporna na toplinu, za što znanstvenici vjeruju da uspijeva radi dobrih odnosa sa bakterijama. Pritom, bakterija izolira crva, štiti ga od teških metala u otvorima i slično (Mrežne stranice Biologija.hr).

5. ZAKLJUČAK

Za duboko more moguće je reći da predstavlja ekstreman okoliš za životinje koje tamo žive, radi nedostatka svjetlosti, visokog tlaka, nedostatka hrane i drugih značajki. Bez obzir na te ekstremne uvjete, neke vrste su se prilagodile takvom načinu života i za njih je to sada sasvim normalno. Ribe i druge vrste koje tamo žive, prilagodile su svoje fizičke značajke i slično, kako bi mogle preživjeti teške uvjete i prehraniti se. Primjerice, većina ima veliku prilagodljivu čeljust, oštre zube, sposobnost osvjetljavanja okoliša vlastitim organima i slično.

Ipak, i danas, neovisno o razvoju tehnologije i napretku, ribe i druge životinje dubokih mora rijetko se viđaju i to se područje rijetko istražuje. Vrlo je malo poznato o njihovom ponašanju, već uglavnom za većinu vrsta ima spoznaja o njihovim osnovnim karakteristikama i načinima adaptacije na okoliš. Stoga, u budućnosti bi trebalo naći načina za daljnje i dublje istraživanje ovog okoliša i vrsta koje tamo obitavaju, kako bi se stekao bolji uvid u njihov način života. Zsigurno, kada bi se više krenulo u istraživanje dubokomorskih okoliša, otkrile bi se i nove vrste koje do sada nisu poznate znanstvenicima i drugim istraživačima, što bi ukazalo na fascinirajući način preživljavanja ovih vrsta i načine prilagodbe.

6. LITERATURA

- 1) Bistričić, I. (2009): Dubokomorski glavonošci. Seminarski rad. PMF, Zagreb.
- 2) Borovac, I. (2001): Životinje. Velika ilustrirana enciklopedija. Mozaik knjiga, Zagreb.
- 3) Collete, B.B., Facey, D.E., Bowen, B.W., Helfman, G.S. (2009): The diversity of fishes. *Biology, evolution and ecology*, 295-302.
- 4) Drazen, J.C., Reisenbichler, K.R., Robinson, B.H. (2007): A comparison of absorption and assimilation efficiencies between four species of shallow and deep-living fishes. *Marine Biology*, 151, 1551-1558.
- 5) Freiwald, A. (2004): Cold water coral reefs. UNEP – WCMC, Cambridge.
- 6) Hart, P.J., Reynolds, J.D. (2002): Handbook of fish biology and fisheries. Blackwell publishing.
- 7) Helfman, G.S., Collette, B.B., Facey, D.E. (1997): The diversity of fishes. Blackwell publishing.
- 8) Hutchins, M., Thoney, D.A., Loiselle, P.V., Schlager, N. (2003): Grzimek's Animal Life Encyclopedia.
- 9) Kolundžija, S. (2009): Iglozub strašni, dostupno na <http://www.bioteka.hr/modules/zivisvijet/article.php?storyid=26>, 23.08.2022.
- 10) Mrežne stranice Hrvatske enciklopedije, dostupno na <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=41900>, 22.08.2022.
- 11) Mrežne stranice Biologija.hr, dostupno na <http://biologija.com.hr/modules/AMS/article.php?storyid=8363>, 22.08.2022.
- 12) Munk, O. (2000): Histology of the fusion area between the parasitic male and the female. *Acta Zoologica*, 81, 315-324.
- 13) Robinson, B.H. (2004): Deep pelagic biology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 300(1-2), 253-272.
- 14) Sučić, I. (2009): Prilagobe organizama na život u moru. Seminarski rad. PMF, Zagreb.
- 15) Šolić, M. (2005): Ekologija mora. Sveučilište u Splitu, Split.
- 16) Wong, J.M. i sur. (2014): Phylogenetic and transcriptomic analysis reveal the evolution of bioluminescence and light detection in marine deep-sea shrimps. *Molecular Phylogenetics and Evolution*.

7. POPIS SLIKA

Slika 1. Podjela morskog staništa i prodor svjetla u moru ovisno o dubini.....	4
Slika 2. Ovisnost gustoće populacije u dubokom moru o gustoći planktona i intenzitetu svjetlosti	6
Slika 3. Vrsta <i>Melanocetus johnsonii</i>	10
Slika 4. Primjer bioluminiscencije	11
Slika 5. Iglozub	13
Slika 6. Zmijozub.....	14
Slika 7. Crni zmijozub	14
Slika 8. Riba tronožac	15
Slika 9. Pastir šiljoglavac	16
Slika 10. Morski vrag.....	16
Slika 11. <i>Dugonosa himera</i>	17
Slika 12. Primjer zajednice koralja u dubokomorskom okolišu	18
Slika 13. Vrsta <i>M. Hamiltoni</i>	19
Slika 14. <i>Galiteuthis phyllura</i>	19
Slika 15. Vrsta <i>Magnapinna</i> u svom karakterističnom okruženju	20
Slika 16. Dubokomorski škampi.....	20
Slika 17. Pompejski crv	21