

Kitovi zubani kao prijenosnici nematode roda Anisakis

Metić, Marina

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:350837>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-29**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI
ODJEL ZA PRIRODNE I ZDRAVSTVENE STUDIJE
PREDDIPLOMSKI STUDIJ ZNANOST O MORU

Marina METIĆ

**KITTOVI ZUBANI KAO PRIJENOSNICI NEMATODA
RODA *Anisakis***

ZAVRŠNI RAD

Rovinj, 2020.

SVEUČILIŠTE JURIIA DOBRILE U PULI
ODJEL ZA PRIRODNE I ZDRAVSTVENE STUDIJE
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ ZNANOST O MORU

Marina METIĆ

KITОВI ZUBANI KAO PRIJENOSNICI NEMATODA RODA *Anisakis*

ZAVRŠNI RAD

JMBAG: 0303068186

Status studenta: redovan

Studijski smjer: Preddiplomski studij Znanost o moru

Kolegij: Ekologija mora

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Interdisciplinarne prirodne znanosti

Znanstvena grana: Znanost o moru

Mentor: izv. prof. dr. sc. Romina Kraus

Rovinj, rujan 2020.



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Marina Metić, kandidat za prvostupnika Znanost o moru ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljeni način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

Marina Metić

U Puli, 17. rujna 2020.



IZJAVA O KORIŠTENJU AUTORSKOG DJELA

Ja, Marina Metić dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj Završni rad pod nazivom „Kitovi zubani kao prijenosnici nematoda roda *Anisakis*“ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 17. rujna 2020.

Potpis

Marina Metić

ZAHVALE

Veliko hvala mojoj mentorici, dr. sc. Romini Kraus, na ukazanom trudu, strpljenju i pomoći prilikom izrade završnog rada.

Hvala i članovima komisije, dr. sc. Nevenki Bihari i doc. dr. sc. Paolu Paliagi, na njihovim komentarima kako bi završni rad bio što bolji.

Hvala i svim ostalim profesorima tijekom tri godine preddiplomskog studija na svim savjetima, pomoći i trudu da prenesu znanje i što bolje pripreme za daljnje obrazovanje i život.

Veliko hvala mojim prijateljima i kolegama koji su stajali uz mene dugi niz godina, teške trenutke činili lakšima, a sretne još ljepšima.

Na kraju, najviše zahvaljujem svojoj obitelji koja je uvijek podupirala moje odluke, stajala iza mene, podizala me kada mi je bilo teško i uvijek pružala savjete.

Bez svih Vas ovo ne bi bilo moguće i svima neizmjereno zahvaljujem!

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. KITOVI (<i>Cetacea</i>)..... | 1 |
| 2.1. SISTEMATSKA PODJELA KITOVA..... | 1 |
| 2.2. OPĆENITO O REDU <i>Cetacea</i> | 2 |
| 2.3. SISTEMATSKA PODJELA KITOVA ZUBANA..... | 6 |
| 2.4. OPĆENITO O KITOVIMA ZUBANIMA..... | 6 |
| 2.5. BIOLOGIJA NATPORODICA KITOVA ZUBANA..... | 10 |
| 2.5.1. NATPORODICA <i>Platanistoidea</i> | 10 |
| 2.5.1.1. Porodica indijskih riječnih dupina (lat. <i>Platanistidae</i>)..... | 11 |
| 2.5.1.2. Porodica <i>Pontoporiidae</i> | 11 |
| 2.5.1.3. Porodica amazonskih riječnih dupina (lat. <i>Iniidae</i>)..... | 12 |
| 2.5.2. NATPORODICA <i>Delphinoidea</i> | 13 |
| 2.5.2.1. Porodica bijelih kitova (lat. <i>Monodontidae</i>)..... | 13 |
| 2.5.1.2. Porodica pliskavica (lat. <i>Phocoenidae</i>)..... | 14 |
| 2.5.1.3. . Porodica oceanskih dupina (lat. <i>Delphinidae</i>)..... | 18 |
| 2.5.3. NATPORODICA <i>Ziphioidea</i> | 22 |
| 2.5.4. NATPORODICA <i>Physteroide</i> | 25 |
| 2.5.4.1. Porodica ulješura (lat. <i>Physteridae</i>)..... | 26 |
| 2.5.4.2. Porodica malih i patuljastih ulješura (lat. <i>Kogiidae</i>)..... | 28 |
| 3. <i>Anisakis</i> Dujardin, 1845..... | 28 |
| 3.1. SISTEMATSKA PODJELA NEMATODA RODA <i>Anisakis</i> | 28 |
| 3.2. OPĆENITO O NEMATODAMA RODA <i>Anisakis</i> | 29 |

| | |
|---|----|
| 3.3. ŽIVOTNI CIKLUS RODA <i>Anisakis</i> | 31 |
| 3.4. MORFOLOGIJA ŽIVOTNIH STADIJA NEMATODA RODA <i>Anisakis</i> | 33 |
| 3.4.1 JAJAŠCA, PRVI (L ₁) I DRUGI (L ₂) LIČINAČKI STADIJ..... | 34 |
| 3.4.2. LIČINKE TREĆEG STADIJA (L ₃)..... | 35 |
| 3.4.3. LIČINKE ČETVRTOG STADIJA (L ₄)..... | 36 |
| 3.4.4. ODRASLE JEDINKE..... | 37 |
| 3.5. GEOGRAFSKA RASPROSTRANJENOST..... | 40 |
| 4. KITOVI ZUBANI I <i>Anisakis</i> spp. | 42 |
| 4.1. POPULACIJA <i>Anisakis</i> spp. U JADRANSKOM MORU..... | 46 |
| 5. OPASNOST RODA <i>Anisakis</i> ZA LJUDSKO ZDRAVLJE..... | 49 |
| 6. ZAKLJUČAK..... | 52 |
| 7. LITERATURA..... | 54 |
| 8. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA..... | 58 |
| 9. BASIC DOCUMENTATION CARD..... | 59 |

1. UVOD

Kitovi, kao jedna od karizmatičnih vrsta¹, čest su predmet proučavanja znanstvenika. Zbog svoje veličine, raznolikosti i rasprostranjenosti u svim svjetskim morima i oceanima te zbog svoje inteligencije pobuđuju zanimanje i široke javnosti. Unutar reda kitova i podreda kitova zubana, brojne su vrste koje nastanjuju sva staništa svjetskih mora. Među vrstama postoji velika raznolikost. Od veličine tijela, najmanji kitovi zubani imaju manje od dva metra, dok najveći dosežu i do 16 metara dužine, do staništa u kojima se nalaze, od polarnih mora na Sjevernom i Južnom polu, do tropskih mora u području ekvatora, od plitkih obalnih mora koja se mogu lako istražiti, do ljudima nedostupnih dubokih morskih staništa. Jako često, kitovi bivaju zaraženi raznim patogenima, među kojima su i nematode roda *Anisakis*. Ovaj rod nematoda raširen po svim svjetskim morima, kao i kitovi. Ima složen životni ciklus, a morski sisavci među kojima su i kitovi zubani spadaju u krajnje domaćine. Zbog velikog antropogenog djelovanja na okoliš, na različitim prirodnim staništima uočljive su značajne promjene na izgledu i zdravlju ekosustava. Neki od najosjetljivijih sustava su i morski okoliš i morska staništa. Velike promjene u temperaturi, salinitetu i alkalnosti mora utječu na sastav vrsta koje u njemu obitavaju. Veliki morski sisavci sele se u staništa u kojima ih do sada nije bilo, a s njima i paraziti koji ih napadaju proširuju svoju distribuciju.

2. KITOVI (*Cetacea*)

2.1. SISTEMATSKA PODJELA KITOVA

Tablica 1. Sistematska podjela kitova.

| | |
|-----------|--|
| Carstvo | Životinje (lat. Animalia) |
| Koljeno | Svitkovci (lat. Chordata) |
| Potkljeno | Kralježnjaci (lat. Vertebrata) |
| Razred | Sisavci (lat. Mammalia) |
| Red | Kitovi (lat. <i>Cetacea</i>) |
| Podred | Kitovi usani (lat. <i>Mysticeti</i>) Kitovi zubani (lat. <i>Odontoceti</i>) |

¹ Karizmatične vrste – poznate, velike životinjske vrste koje služe kao simboli i središta kako bi se u širokoj javnosti probudila konzervacijska svijest i potaknulo ih se na akciju (Ducarme i sur., 2012).

2.2. OPĆENITO O REDU *Cetacea*

Kitovi su sekundarno akvatični morski organizmi² koji od svih morskih sisavaca imaju najviše prilagodbi na život u moru, odnosno cijeli život provode u vodi, hrane se, razmnožavaju i podižu mlade. Razvili su se iz kopnenih, karnivornih sisavaca na što ukazuju fosilni nalazi njihovih predaka koji su imali prednje i stražnje udove te zube slične zubima karnivornih, kopnenih sisavaca. Dodatni dokaz da su kitovi imali kopnene pretke je i sličnost embrija kitova sa embrijima kopnenih sisavaca (Curlin, 2018). Kopneni preci kitova morali su proći veliki broj prilagodbi kako bi se sa sigurnog kopna prebacili na život u moru. Kitovi su zbog svoje veličine i lakog uočavanja pogodni za istraživanje evolucijskih procesa. Također, prisutni su i u današnjim oceanima, a postoji i veliki broj dobro očuvanih fosilnih ostataka koji omogućavaju praćenje evolucijskog razvoja ovih morskih sisavaca (Gingerich, 2012).

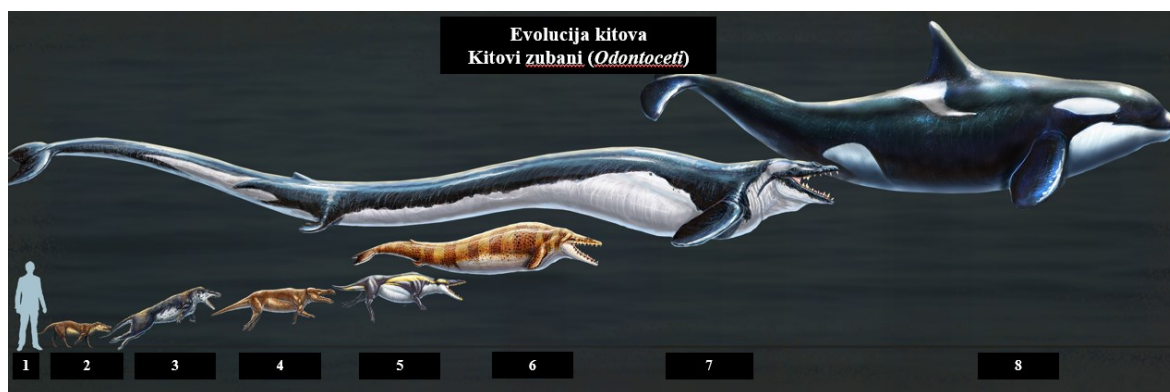
U sjevernom Pakistanu 1979. godine pronađeni su najstariji fosilni ostatci kitova u sedimentu koji se formirao u rijeci prije 52 milijuna godina. Rijeka u kojoj su ostatci pronađeni teče nedaleko od nekadašnje obale Tetiskog mora. Prema državi u kojoj je pronađen, fosil je dobio naziv *Pakicetus*, što u prijevodu znači „kit iz Pakistana“ (Slika 1. pod 2). (Castro i Huber, 2005). Ovaj fosilni nalaz pripada izumrloj grupi predaka kitova *Archaeoceti*. Lubanja koja je pronađena nalikuje na lubanju današnjih kitova, ali nedostaje joj povećani prostor u donjoj čeljusti koji je kod modernih kitova ispunjen uljem i služi za primanje zvučnih valova. Pretpostavlja se da je *Pakicetus* zvukove primao ušnim otvorima kao i ostali kopneni sisavci. Također, jedna od odlika modernih kitova koja nedostaje, su nosnice na vrhu glave. Pretpostavlja se da se ovaj polumorski sisavac hranio ribama u plitkim obalnim vodama, a razmnožavao se i rađao na kopnu (Castro i Huber, 2005).

Novo važno otkriće dogodilo se u Egiptu 1989. godine kada je pronađeno nekoliko očuvanih kostura *Basilosaurus* (Slika 1. pod 7) u sedimentu koji je ostavilo Tetisko more, a danas je to područje pustinje Sahare. Ovi preci kitova živjeli su prije 40 milijuna godina. Kosturi koji su pronađeni sadržavali su potpune ostatke stražnje noge koja je imala tri malena nožna prsta. Tijelo *Basilosaurus* dugo je preko 15 metara, što znači da malena noga nije mogla podnijeti

² Sekundarno akvatični morski organizmi – organizmi koji su se evolucijski prilagodili djelomičnom ili potpunom životu u moru nakon potpune prilagodbe na kopneni način života. Mogu biti djelomično prilagođeni pa u vodu ulaze radi hranjenja ili zaštite ili potpuno prilagođeni pa cijeli životni ciklus imaju u vodi.

tu težinu na kopnu što ukazuje da je ovaj stadij kitova već u potpunosti adaptiran na život u moru (Castro i Huber, 2005).

Na području Pakistana dogodilo se još jedno važno otkriće 1994. godine kada su pronađeni ostatci *Ambulocetus natans* (Slika 1. pod 3), „hodajući kit koji pliva“. Ova vrsta živjela je u Tetisu prije otprilike 49 milijuna godina, što znači da je živjela oko 3 milijuna godina nakon *Pakicetusa* i 9 milijuna godina prije *Basilosaurus*. Fosilni ostatak *A. natans* sadržavao je većinu stražnjih nogu, koje su bile snažne i završavale dugim stopalom koje nalikuje na stražnje noge modernih perajara. Ovako građene noge imale su dobru pokretljivost i u vodi ali i na kopnu. Za razliku od modernih kitova koji imaju repnu peraju, ovaj stadij još uvijek je imao rep. Građa kralješnice ukazuje na to da se ova vrsta kretala kao i današnji kitovi, pomicanjem stražnjeg dijela tijela gore dolje, a stražnje noge koristili su za jači pogon. Na kopnu su se kretali kao današnji morski lavovi (Castro i Huber, 2005).



Slika 1. evolucija kitova od najranijeg pretka koji se počeo prilagođavati na život u moru pa do modernih kitova koji plivaju u današnjim oceanima i usporedba njihovih veličina s čovjekom. S lijeva na desno: 1-čovjek, 2-*Pakicetus inachus* (50 mil god), 3-*Ambulocetus natans* (49 mil god), 4-*Maicacetus inuus* (47 mil god), 5-*Rodhocetus kasrani* (47-40 mil god), 6-*Dorudon atrox* (41-33 mil god), 7-*Basilosaurus cetoides* (40-34 mil god), 8-*Orcinus orca* (11 mil god) (Kucala, 2017).

Kako bi se prilagodili na novi okoliš, koji se uvelike razlikuje od kopna, morali su stvoriti čitav niz prilagodbi koje uključuju anatomske i fiziološke prilagodbe. Anatomske su prilagodba oblika tijela na kretanje kroz morski okoliš i adaptacije na visok pritisak, dok su fiziološke način pohrane kisika kod urona, način održavanja tjelesne temperature te način izmjene tvari s okolišem. To su toplokrvne homeotermne životinje što znači da metaboličkim

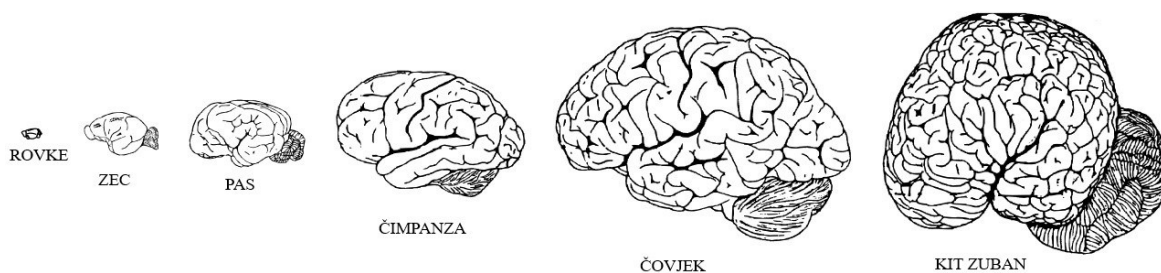
procesima u tijelu stvaraju veliku količinu toplinske energije. Ta prilagodba omogućila im je da budu aktivni lovci te da se adaptiraju na veliki broj različitih staništa.

Iako su morski sisavci pokretni organizmi i u oceanima naizgled ne postoje barijere, samo orke (*Orcinus orca*), ulješure (*Physeter macrocephalus*) i nekoliko vrsta brazdenih kitova (*Balaenopteridae*) spadaju u kozmopolitske vrste. Neke antarktičke orke u kratkom vremenskom periodu odlaze iz hladnih polarnih mora u suptropska područja i podvrgavaju se velikim temperaturnim i ekološkim stresovima i jednako tako brzo se vraćaju u prostranstva Anarktika (Perrin i sur., 2008). Takve kratkotrajne i brze migracije suprotne su dugotrajnim migracijama usana i ulješura. Neke druge vrste kitova vezane su uz usko područje, npr. obalu Južne Amerike ili zapadni dio Indo-pacifika, što odražava njihove ekološke potrebe i geografsko podrijetlo vrsta. Povezne vrste imaju slične ekološke potrebe i mogućnosti rasprostranjivanja, distribucija viših taksonomskih razina može odražavati generalnu distribuciju i ograničenja pojedinih vrsta u taksonu. Na primjer: porodica oceanskih dupina (*Delphinidae*) i natporodica riječnih dupina (*Platanistoidea*) najveću raznovrsnost imaju u tropskim predjelima, dok porodice kljunastih kitova (*Ziphiidae*) i pliskavica (*Phocoenidae*) obitavaju u umjereno toplim i hladnim morima. S geografske perspektive, određena područja mogu se okarakterizirati kao središta raznolikosti za više taksonomske razine. Globalne promjene u uvjetima u okolišu imale su utjecaj na evolucijski razvoj kitova, npr. snižavanje globalne temperature tijekom Tercija, mogao je doprinijeti širenju kitova usana koji su prilagođeni životu u hladnim vodama (Perrin i sur., 2008).

11 je vrsta kitova koje se često mogu vidjeti u Sredozemnom moru. Tri su vrste vezane uz ograničena područja Sredozemlja: (*Orcinus orca*) nalazimo samo u vodama oko Gibraltara, grubozubi dupin (*Steno bredanensis*) nastanjuje levantinski bazen, dok obalni dupini (lat. *Phocoena phocoena*) žive samo u Egejskom moru. Ostale vrste rasprostranjene su u cijelom Sredozemnom moru te su u većem ili manjem broju zastupljene i u Jadranu. Tu spadaju: dobri dupin (*Tursiops truncatus*), kratkokljuni obični dupin (*Delphinus delphis*), prugasti dupin (*Stenella coeruleoalba*), veliki kit (*Balaenoptera physalus*), ulješura (*Physeter macrocephalus*), bjelogrli dupin (*Globicephala melas*), Rissov dupin (*Grampus griseus*) i Cuvierov kljunasti kit (*Ziphius cavirostris*). Zabilježene su i dvije vrste kao povremeni posjetitelji Mediterana: crni dupin (*Pseudorca crassidens*) i grbavi kit (*Megaptera novaeangliae*). Za sada je poznato da samo dobri dupin ima trajne populacije u Jadranu.

Prugasti i glavati dupin te Cuvierov kljunasti kit tek povremeno zalaze u južni Jadran. Jedna vrsta, kratkokljuni dupin, koja je nekada imala brojne populacije u cijelom Jadranskom moru, danas se smatra regionalno izumrlom jer se tek povremeno mogu uočiti rijetke jedinke (<https://www.plavi-svijet.org/zastita/vrste/kitovi/> 23.08.2020.).

Kitovi imaju velik mozak u odnosu na ostale kralježnjake (Slika 2). Najveći mozak u životinjskom carstvu pripada ulješurama. Mozak odrasle ulješure zauzima 8 000 cm³, dok mozak čovjeka zauzima oko 1 300 cm³. Kada se uspoređi veličina tijela sa veličinom mozga, najveći omjer imaju rovkke zbog male veličine tijela, a zatim slijedi čovjek koji ima veći omjer od kitova zbog mnogo manje veličine tijela. S obzirom na svoju veličinu, kitovi imaju relativno malen mozak (Fields, 2008).



Slika 2. Usporedba veličine mozga različitih kralježnjaka (Roth i Dicke, 2005).

Najveću opasnost kitovima predstavljaju ljudi. Ljudska aktivnost direktno i indirektno ugrožava kitove. Ljudi se bave lovom na kitove tisućama godina. Norvežani su bili među prvima koji su se time bavili još prije 4 000 godina, Japanci možda i duže. Iskoristivi su gotovo svi dijelovi tijela. Meso, koža i masni sloj su bili važan izvor proteina, masti, vitamina i minerala. Usi su se koristile za pletenje košara i za strune za pecanje, a u toplijim krajevima i za pokrivanje krovova. Kostu su se prvenstveno koristile za izradu oruđa te za izrađivanje maski koje su se nosile tokom ceremonijalnih obreda. Tijekom Srednjeg vijeka i Renesanse, lov na kitove postao je popularan u sjevernoj Europi. Ulje i usi bili su vrijedna roba. Ulje se koristilo za uljne lampe, a korzeti i suknje s obručima pravile su se od kostiju kitova (Marrero i Thornton, 2011).

Danas je kitolov reguliran Svjetskom regulativom za kitolov (IWC – International Whaling Commission). IWC je uspostavljena 2. prosinca 1946. godine na Svjetskoj konvenciji za regulaciju kitolova u Washington DC. To je organizacija zadužena za zaštitu kitova i za menadžment kitolova. Trenutno broji 88 zemalja članica, kojima se 2007. godine pridružila

i Hrvatska. Osim regulacije kitolova koju je komisija imala na početku svog postojanja, danas se IWC bavi i različitim drugim konzervacijskim pitanjima kao što su slučajni ulov, zagađenje i otpad, sudari kitova i brodova te održivo promatranje kitova (<https://iwc.int/home/> 30.07.2020.). Zemlje članice IWC ulažu velike napore kako bi se zaustavio komercijalni kitolov u Japanu, Norveškoj i na Islandu, no Japan je 2019. godine odlučio napustiti IWC te sada sami kontroliraju kitolov u svojim teritorijalnim vodama, gdje nikakve internacionalne organizacije nemaju kontrolu (<https://www.worldwildlife.org/species/whale> 18.08.2020.).

2.3. SISTEMATSKA PODJELA KITOVA ZUBANA

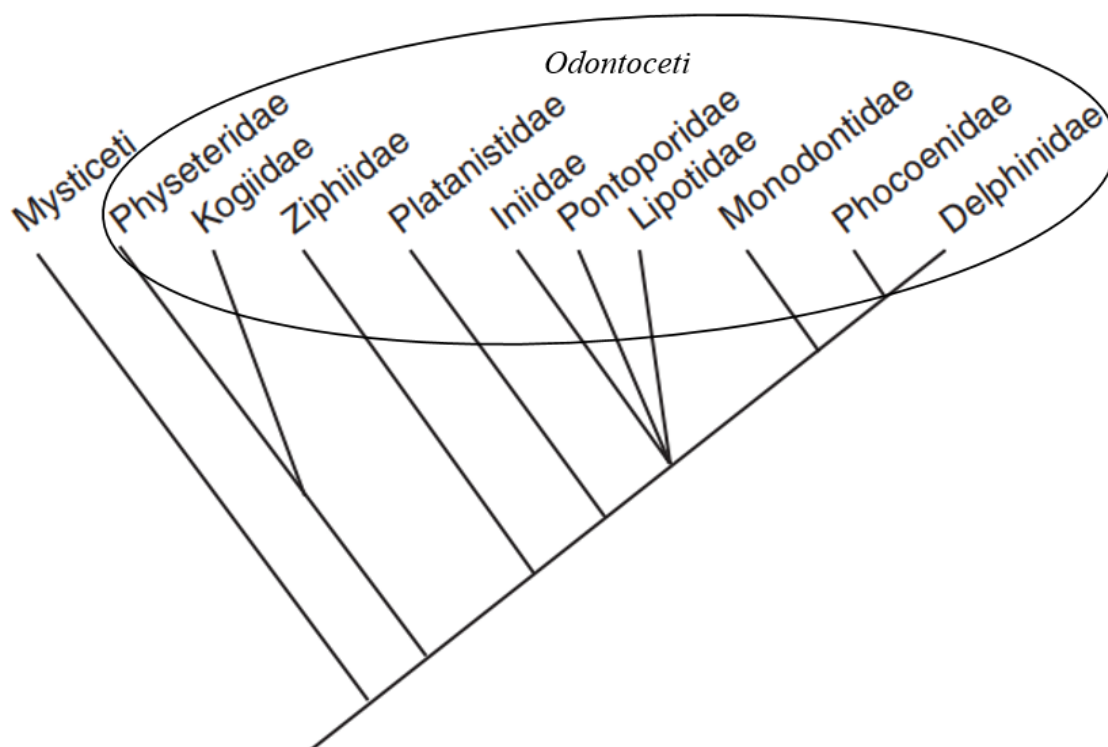
Tablica 2. Sistematska podjela kitova zubana (Carwardine, 1998).

| | |
|-------------|---|
| Podred | Kitovi zubani (lat. <i>Odontoceti</i>) |
| Natporodica | Riječni dupini (lat. <i>Platanistoidea</i>) Dupini (lat. <i>Delphinoidea</i>) Kljunasti kitovi (lat. <i>Ziphioidea</i>) Ulješure (lat. <i>Physteroide</i>) |
| Porodica | Indijski riječni dupini (lat. <i>Platanistidae</i>) La plata riječni dupin i kineski riječni dupin (lat. <i>Pontoporiidae</i>) Boto (lat. <i>Iniidae</i>) Bijeli kitovi (lat. <i>Monodontidae</i>) Pliskavice (lat. <i>Phocoenidae</i>) Oceanski dupini (lat. <i>Delphinidae</i>) Kljunasti kitovi (lat. <i>Ziphiidae</i>) Ulješure (lat. <i>Physeteridae</i>) Male i patuljaste ulješure (lat. <i>Kogiidae</i>) |

2.4. OPĆENITO O KITOVIMA ZUBANIMA

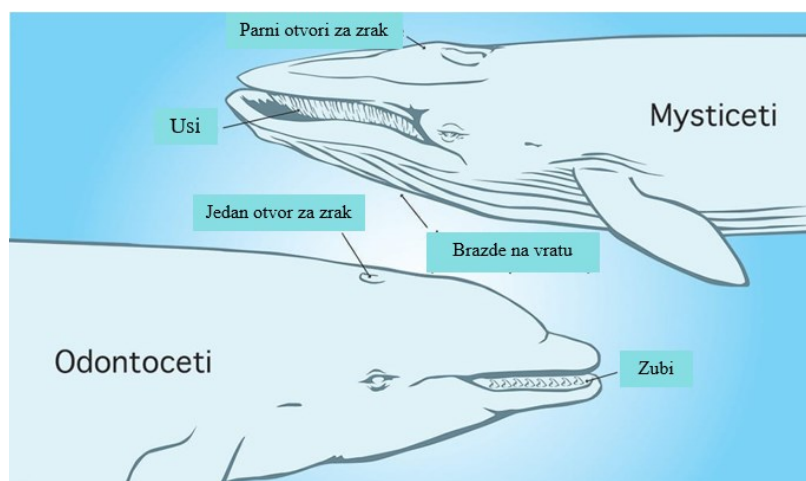
Kitovi zubani (lat. *Odontoceti*) podred su reda kitova (lat. *Cetacea*). Osim kitova zubana u redu kitova su i kitovi usani (lat. *Mysticeti*) (Slika 3). Glavna razlika između kitova usana i

kitova zubana je anatomska građa: kitovi usani imaju dva nosna otvora i na rubovima čeljusti pričvršćene rožnate ploče ili usi, a kitovi zubani imaju jedan nosni otvor, a u čeljustima mnogo jednostavnih stožastih zubi (Slika 4). Latinsko ime porodice, dolazi od grčkih riječi *odous* ili *odontos* što znači „zub“ i *ketos* što znači „morsko čudovište“ (Perrin i sur., 2008). Različiti zubi omogućavaju različit plijen pa se kitovi zubani hrane različitim vrstama hrane. Ta adaptacija na različite vrste plijena omogućila im je manju kompeticiju za hranu, veću rasprostranjenost i veću raznolikost vrsta unutar podreda.



Slika 3. Opće prihvaćena filogenija podreda kitova zubana (*Odontoceti*) s kitovima usanima (*Mysticeti*) kao sestrinskom skupinom (Perrin i sur., 2008).

Različite vrste kitova zubana biraju različitu hranu. Hrane se ribama, lignjama, velikim rakovima, morskim pticama, a ponekad i drugim morskim sisavcima. Za razliku od kitova usana, koji iz morske vode filtriraju veliku količinu zooplanktona, kitovi zubani love jedan relativno velik plijen. Ovakav način prehrane puno je specijaliziraniji i omogućava prilagodbu na puno veći broj i raznolikost staništa. Prehrana kitova usana ovisi o sezonskim promjenama u biomasi zooplanktona, dok se kitovi zubani, sa svojim načinom prehrane, mogu jednolično hraniti u toku cijele godine (Perrin i sur., 2008).



Slika 4. Usporedba kitova usana (*Mysticeti*) i zubana (*Odontoceti*) (<https://iwdg.ie/fluke-facts/> 10.08.2020.).

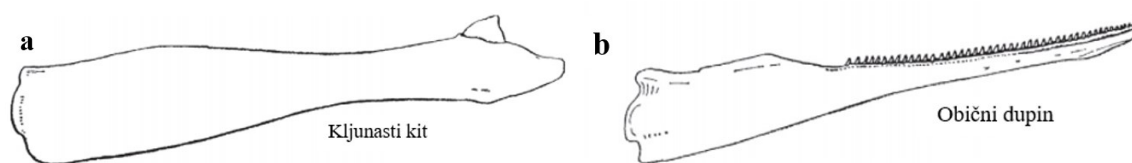
Većina kitova zubana danas ima jednake stožaste zube. To je homodontno zubalo (slika 5. A) koje ima ulogu držanja hrane, za razliku od složenijeg heterodontnog zubala (slika 5. B) koje se koristi za složeniju obradu hrane. Morfologija čeljusti te broj i oblik zuba odražavaju stil i vrstu prehrane pojedine vrste. Na primjer, vrste koje se pretežno hrane lignjama imaju reducirano zubalo (Slika 6. a) i pretpostavlja se da se hrane usisavanjem, dok vrste koje se pretežno hrane ribom, uglavnom imaju više zuba (Slika 6. b) koje koriste za čvrsto držanje plijena (Carwardine, 1998).



Slika 5. Usporedba homodontnog zubala pantropskog pjegavog dupina (A) s heterodontnim zubalom divlje svinje (B) (Armfield i sur., 2013).

Neke populacije su stekle posebne prilagodbe prema svom staništu. Nekoliko ženki iz populacije indo-pacifičkih običnih dupina (lat. *Tursiops aduncus*) u Zaljevu morskih pasa u Australiji uočene su kako u ustima nose spužve koje im štite kljun dok traže hranu po oštrom koraljnom dnu. Populacija dobrih dupina (lat. *Tursiops truncatus*) u Sjevernoj Karolini u

SAD-u za lov se koristi metodom nasukavanja, gdje se i oni i plijen koji love nasuču na obalu. Nakon što plijen ulove, otkližu natrag u vodu. Jednaka tehnika lova uočena je i kod orki u Patagoniji, gdje orke koje love tuljane svoj plijen natjeraju na strme obale kako bi ih onda lakše ulovili (Perrin i sur., 2008).



Slika 6. Usporedba zazličitih vrsta zubala kod različitih kitova (Berta i sur., 2015).

Vrste podreda *Odontoceti*, uz iznimku ulješure, manje su od vrsta podreda *Mysticeti*. Pokazuju varijacije u spolnom dimorfizmu. Kod nekih vrsta, npr. ulješure i orke, mužjaci su mnogo veći od ženki, dok neke vrste pokazuju obrnuti spolni dimorfizam, gdje su ženke veće od mužjaka, npr. obična pliskavica i bairdov kljunasti kit (Perrin i sur., 2008).

Većina kitova zubana ima tamno obojenu leđnu stranu tijela, a svijetlo obojenu trbušnu. Ovaj tip pigmentacije tijela je tipičan u morskom okruženju jer do određenog stupnja ima ulogu mimikrije. Naime, kada se gleda od površine prema dnu, teže se uočavaju tamno obojena leđa, a isto tako kada se iz dubine gleda prema svijetloj površini, potencijalni plijen ili predator, teže će uočiti svijetlo obojenu ventralnu stranu tijela. Izuzetak od ovakvog obojenja su beluge koje imaju jednolično obojeno bijelo tijelo, za koje se vjeruje da je prilagodba na život u smrznutim morima gdje njihova boja oponaša ledenjake koji plutaju u tim morima (Perrin i sur., 2008).

Kitovi pokazuju različito ponašanje u periodu parenja. Kod nekih vrsta mužjaci se u vrijeme parenja pare sa više ženki i tako proširuju svoj genetski materijal, dok neke druge vrste pokazuju pomalo agresivno čuvanje prava na parenje. Kod nekih vrsta kljunastih kitova pojavljuje se nadmetanje za pravo na parenje što ukazuje na hijerarhijski poredak unutar populacije (Perrin i sur., 2008).

Gestacijski period je između 7 i 17 mjeseci, a između trudnoća postoje intervali od minimalno godinu dana. Gestacija ovisi o veličini mladunca: kod velikih vrsta kitova, gestacijski period traje dulje jer mladunac se koti veći, dok manje vrste imaju kraći

gestacijski period jer mladunci na svijet dolaze manji. Ženka na svijet donosi jedno mlado koje je fiziološki dobro razvijeno, što znači da može samostalno plivati i izranjati po zrak, ali mu nedostaje socijalni stupanj razvoja. Mladunci dugo ostaju uz majku koja ih hrani 32-100 tjedana (Würsig i sur., 2017).

Kitovi zubani pokazuju iznimno jake majčinske sposobnosti, što rezultira jakom vezom između majke i mladunca. Mladunčad ostaje uz majku i nekoliko godina, a nerijetko ostaju u bliskim obiteljskim jatima cijeli život. Ovakva jaka povezanost dovela je do toga da moraju učiti o majčinstvu pa se kod mnogih vrsta zubana javlja i jaka veza između mladunaca i mladih ženki u jatu koje pomažu pri odgoju mladunca. Kod dobrih dupina to je prvenstveno bitno jer se mlade ženke tako uče majčinstvu. Kod ulješura to ima i dodatnu prednost tako što, kada majka ide na duboke zarone kako bi se hranila, netko uvijek ostaje s mladuncem na površini. Ovakvi jaki odnosi u jatu daju mladuncu puno veću šansu za preživljavanjem jer ga veći broj odraslih jedinki štiti od predatora (Würsig i su.r, 2017).

Unutar reda *Cetacea* postoje velike razlike u životnom vijeku pojedinih vrsta. Tako obalni dupini (*Phocoena phocoena*) žive oko 12 godina, spolnu zrelost doživljavaju s 3, a ženke mogu ostati skotne svake godine nakon postizanja spolne zrelosti. Za razliku od njih, orke (*Orcinus orca*) mogu doživjeti i 80 godina, a prvi puta mogu se okotiti sa 15. Intervali između dvije trudnoće kod njih su 5 godina. Mnoge vrste pokazuju i različito spolno dozrijevanje s obzirom na spol. Primjer su ulješure kod kojih ženke spolnu zrelost doživljavaju između devete i desete godine života, a mužjaci spolno zreli postaju tek s 26 ili 27 godina (Würsig i sur., 2017).

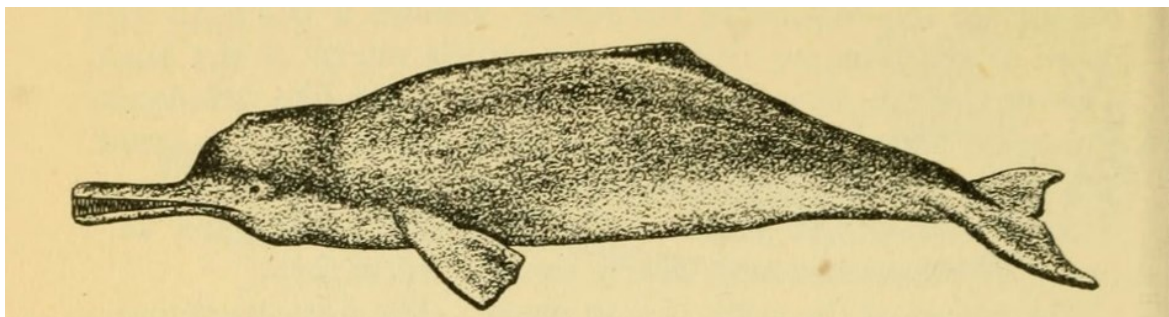
2.5. BIOLOGIJA NATPORODICA

2.5.1.. NATPORODICA *Platanistoidea*

Riječni dupini skupina su kitova zubana koja nastanjuju slatke i brakične vode. Obuhvaća tri živuće porodice: *Platanistidae*, *Pontoporiidae* i *Iniidae*.

2.5.1.1. Porodica indijskih riječnih dupina (lat. *Platanistidae*)

Porodica indijskih riječnih dupina (lat. *Platanistidae*) broji dvije vrste: riječni dupin rijeke Ganges (*Platanista gangetica gangetica*) (Slika 7) i riječni dupin rijeke Ind (*Platanista gangetica minor*). Ove dvije vrste nastanjuju riječni sustav Inda i Gangesa, spadaju na IUCN-ovu listu ugroženih vrsta, vrlo su rijetke i ugrožene ljudskim aktivnostima. Imaju karakteristične široke peraje te kljun s 26-29 pari gornjih i 26-35 pari donjih zuba. Dug kljun i pokretljiv vrat omogućavaju im savijanje i traženje riba i školjaka po mulju na dnu. Nemaju očnu leću što znači da imaju vrlo loš vid zbog nemogućnosti stvaranja slike na mrežnici. Slabi vid posljedica je mutnih voda u kojima žive pa im vid nije od koristi te se stoga za lov prvenstveno se oslanjaju na eholokaciju (<https://otlibrary.com/ganges-river-dolphins/> 03.06.2020.). Žive u malim skupinama, obično 4-6 životinja, ali ponekad ih se može naći i u jatima koje broje i do 30 jedinki (Burnie, 2001).

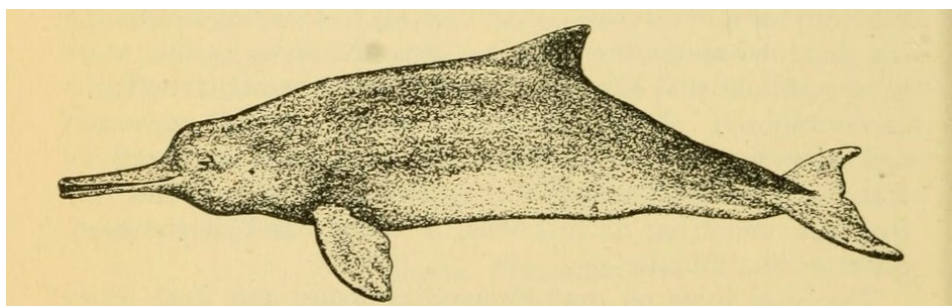


Slika 7. *Platanista gangetica gangetica* (Norman i Fraser, 1949).

2.5.1.2. Porodica *Pontoporiidae*

Pontoporiidae je porodica u koju spadaju dvije vrste kineski riječni dupin, baiji (lat. *Lipotes vexillifer*) i La Plata riječni dupin (lat. *Pontoporia blainvillei*) (Slika 8). Baiji je vrsta proglašena kineskim narodnim blagom i od 1975. godine je pod zaštitom. 2000-ih godina pretpostavljeno je da je preostalo manje od 100 jedinki. U studenom i prosincu 2006. godine provedeno je šestotjedno istraživanje dužinom cijele povijesne rasprostranjenosti ove vrste ali nije pronađena niti jedna jedinka. Nekoliko je neslužbenih nalaza ove vrste od 2004. godine, a zadnji službeni dokaz postojanja vrste je nasukana skotna ženka pronađena 2001. godine i jedna živa jedinka fotografirana 2002. godine. Baiji se danas smatra izumrlom vrstom, tj. broj živih jedinki nije dovoljan za očuvanje vrste (Perrin i sur., 2008). Jedna je od najslabije istraženih vrsta dupina. Ima dug i uzak kljun te savitljiv vrat pa kopa po blatnom

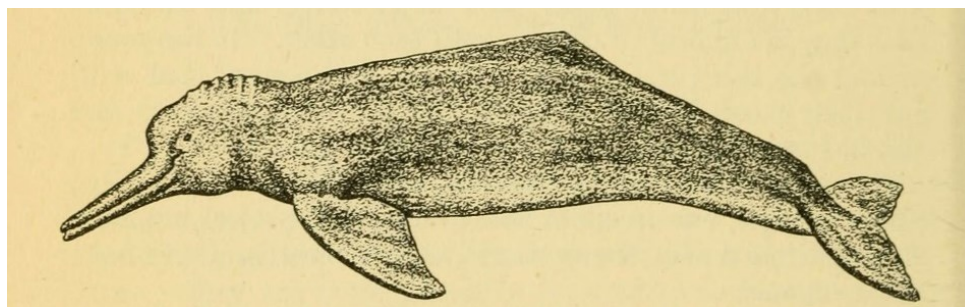
riječnom dnu u potrazi za hranom. U gornjoj i donjoj čeljusti ima po 30-35 pari čunjastih zuba. Malene oči slabo su razvijene, pa se kao i pripadnici *Platanistidae* za orijentaciju koriste eholokacijom. Različite ljudske aktivnosti, kao što su prelov ribe, gradnja brana, brodski promet, kemijsko i fizikalno zagađenje voda te onečišćenje bukom uzrok su nestanka ove vrste (Burnie, 2001). La Plata dupin jedina je vrsta riječnog dupina koja uz rijeke nastanjuje i estuarijska ušća i oceane.



Slika 8. *Pontoporia blainvillei* (Norman i Fraser, 1949).

2.5.1.3. Porodica amazonskih riječnih dupina (lat. *Iniidae*)

Porodica amazonskih riječnih dupina, boto (lat. *Iniidae*) ima samo jednu živuću vrstu *Inia geoffrensis*. To je najveća vrsta riječnih dupina prepoznatljiva po svojoj ružičastoj boji, ali ta boja može varirati. Također to je vrsta s najvećom abundancijom i najširom distribucijom pa je nešto manje ugrožen od ostalih riječnih dupina. Zbog sve veće deforestacije šuma Amazone, vrsta postaje sve ugroženija i danas se nalazi na IUCN-ovoj listi ugroženih vrsta (Carwardine, 1998). Za razliku od ostalih riječnih dupina, boto nema pravu leđnu peraju, nego na njezinom mjestu imaju malu grbu (Slika 9). Imaju dug kljun u kojem u donjoj i donjoj čeljusti imaju po 25-35 pari zuba. Prednji zubi su klinasti i prilagođeni hvatanju plijena, dok su stražnji plosnati, s kvržicama, prilagođeni za lomljenje oklopa rakova i kornjača (Burnie, 2001).



Slika 9. *Inia geoffrensis* (Norman i Fraser, 1949).

2.5.2. NATPORODICA *Delphinoidea*

Oceanski dupini (lat. *Delphinidae*) najbrojnija su skupina kitova zubana. To je porodica s najširoom distribucijom i velikim varijacijama u veličini i izgledu vrsta. Ta skupina najviše je istražena i ubraja vrste koje su nama najpoznatije kao što su dobri dupin, kit ubojica (orka), narval i beluga.

2.5.2.1. Porodica bijelih kitova (lat. *Monodontidae*)

Bijeli kitovi (lat. *Monodontidae*) porodica su kitova zubana koja broji dvije vrste: narval (*Monodon monocer*) i beluga (*Delphinapterus leucas*).

Narvali (Slika 10. 1) borave u arktičkim i subarktičkim vodama u predjelima sjeverne Rusije, sjeverne Aljaske i sjeverne Kanade te oko Grenlanda i otoka Spitzbergen³. Populacija ove vrste procjenjuje se na oko 25-30 tisuća jedinki, a gotovo polovina tog broja obitava na sjeverozapadnoj obali Grenlanda. Posebnost ove vrste je 1,5-3 metra duga kljova uglavnom kod mužjaka. Kljova raste tokom cijelog života jedinke i spiralno je savijena u smjeru kazaljke na satu. S obzirom da kljovu većinom imaju mužjaci, pretpostavlja se da nije potrebna za hranjenje, nego ju mužjaci koriste u sezoni parenja za dobivanje ženki te za obranu teritorija (Burnie, 2001).



Slika 10. 1- dvije jedinke narvala, mužjak (lijevo) i ženka (desno) (Hunt, 2020), 2- ženka beluge s mladuncem (Konstantinides, 2020).

³ Spitzbergen (Svalbard) - otočna skupina u Arktičkom oceanu sjeverno od kopnene Europe i na otprilike pola puta od Norveške do Sjevernog pola (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Svalbard> 31.08.2020.).

Beluge (Slika 10. 2) se zadržavaju uglavnom uz rubove arktičkog leda, a mogu zaranjati do 300 metara dubine. Hrane se ribom, školjkama i rakovima, a plijen lome pomoću 8-55 pari zubi u gornjoj i 8-9 pari zubi u donjoj čeljusti. Glasaju se zvukovima nalik na skvičanje, zviždanje, mijaukanje, kliktanje i mumljanje, a zahvaljujući glasnoći proizvedenih zvukova koji prodiru kroz trupove brodova dobili nadimak morski kanarinci. Karakterističnu bijelu boju, s kojom se stapaju s okolnim ledom, dobivaju s 5 godina, mladunci se rađaju sivi, a oko druge godine koža počinje svijetliti (Burnie, 2001).

2.5.2.2. Porodica pliskavica (lat. *Phocoenidae*)

Tablica 3. Lista živućih vrsta pliskavica sa znanstvenim i popularnim imenom, te područjem rasprostranjenosti i statusom na IUCN-ovoj listi (Perrin i sur., 2008).

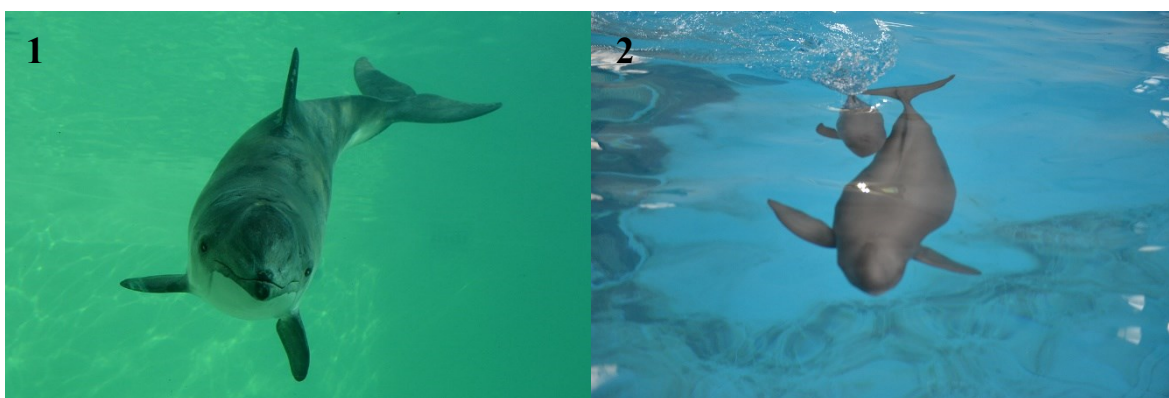
| Popularno ime | Znanstveno ime | Područje rasprostranjenosti | IUCN-ova lista |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------|
| Obalni dupin | <i>Phocoena phocoena</i> | Obalne vode sjeverne polutke | LC |
| Burmeisterova pliskavica | <i>Phocoena spinipinnis</i> | Obalne vode Južne Amerike | NT |
| Kalifornijska pliskavica, vaquita | <i>Phocoena sinus</i> | Kalifornijski zaljev | CR |
| Šarena pliskavica | <i>Phocoena dioptrica</i> | Južni ocean | LC |
| Dallijeva pliskavica | <i>Phocoena dalli</i> | Sjeverni Tihi ocean | |
| Bezperajasta pliskavica | <i>Neophocaena phocaenoides</i> | Obalne vode južne Azije | VU |

[LC- najmanja zabrinutost (eng. least concern), NT- gotovo ugroženo (eng. near-threatened), CR- kritično ugroženo (eng. critically endangered), VU – osjetljive vrste (eng. vulnerable)]

Porodica pliskavica (lat. *Phocoridae*) ubraja 6 vrsta raspoređenih na obje zemljine polutke (Tablica 3). Prve pliskavice su se pojavile u kasnom Miocenu, prije 11 milijuna godina, otprilike u isto vrijeme kada se javljaju i prvi oceanski dupini (lat. *Delphinidae*). Većina

fosila ranih pliskavica pripadaju periodu Pleocena, a nađeni su na području današnjih Amerika. Pliskavice, dupini i bijeli kitovi svi su potekli od izumrle porodice kitova zubana *Kentriodontidae*. Kao i moderne pliskavice, pripadnici ove izumrle porodice su male životinje, duge oko 2 metra, a nastanjivali su Atlantski i Tihi ocean. Porodica je nestala prije otprilike 10 milijuna godina. Molekularni dokazi ukazuju na to da su sve vrste modernih pliskavica evoluirale u posljednjih nekoliko milijuna godina (Perrin i sur., 2008).

Poznavanje ekologije i ponašanja pliskavica je još uvijek relativno slabo. O nekim vrstama kao što su vaquita, Burmeisterova ili šarena pliskavica, zna se samo iz malobrojnih nasukavanja koja su se dogodila na udaljenim prostorima u južnoj hemisferi. O obalnom dupinu (Slika 11. 1) i besperajnoj pliskavici (Slika 11. 2) zna se nešto više. Radijacija pliskavica u proteklih nekoliko milijuna godina omogućila im je kolonizaciju velikog broja staništa u obje zemljine polutke. Obalni dupin, Burmeisterova pliskavica i vaquita obalne su vrste, besperajna pliskavica zalazi daleko uzvodno u veće riječne sustave, a Dallijeva i šarena pliskavica prvenstveno su pelagičke životinje (Perrin i sur., 2008).



Slika 11. 1- obalni dupin (*Phocoena phocoena*) (de Wolf, 2015)

(https://en.wikipedia.org/wiki/Harbour_porpoise 31.08.2020.), 2- majka besperajne pliskavice (*Neophocaena phocaenoides*) s mladuncem (Liwang, 2020).

Svih 6 vrsta porodice su mali kitovi čije tijelo ne prelazi dužinu 2,5 metara. To su nabijene, robusne životinje koje nemaju kljun (rostrum) koji je tipičan kod većine kitova natporodice *Delphinoidea*. Peraje su im male, a kod besperajne pliskavice, leđna peraja izostaje. Lubanja

i postkranijalni skelet pokazuju naglašen paedomorfizam⁴. Lubanja kod svih pliskavica ima karakterističan kratak rostrum, veliku i zaobljenu moždanu kutiju (braincase) i zakašnjelo spajanje šavova u lubanji tijekom razvoja. Zbog svega toga, lubanja pliskavica nalikuje na lubanju juvenilnih jedinki nekih drugih vrsta kitova. Za razliku od ostalih kitova koji imaju čunjaste zube, pliskavice imaju zube u obliku lopatice. Neobična morfološka karakteristika svih pliskavica, osim Dallijeve su epidermalne kvržice uz rub leđne peraje. Ove kvržice se razvijaju nedugo nakon okota i često se javljaju u više redova. Funkcija kvržica nije poznata (Perrin i sur., 2008).

Vrste iz porodice *Phocidae* uglavnom žive pojedinačno ili u malim grupama, a hranu love pretežno samostalno. Većina obalnih vrsta hrani se pretežno sitnom pelagičkom ribom kao što su incuni, haringe i kapelini, a ovu prehranu nadopunjuje s pridnenom ribom. Za razliku od njih, Dallijeva pliskavica prvenstveno se oslanja na sitnu mezopelagičku ribu i lignje koje obitavaju na većim dubinama (Perrin i sur., 2008).

Do danas je istraženo ponašanje samo obalnog dupina koji može roniti do dubine 200 metara. Zbog svog malog tijela, ne vjeruje se da su pliskavice iznimni ronionci, pa čak ni Dallijeva pliskavica koja je pelagička vrsta. Veća je vjerojatnost da se koriste dnevnim migracijama svog plijena te da se hrane noću kada mezopelagičke ribe i lignje dolaze bliže površini radi hranjenja (Perrin i sur., 2008).

Pliskavice su među najmanjim kitovima te kod njih se pojavljuje paedomorfizam i to utječe na njihovu reprodukciju. U usporedbi s drugim porodicama natporodice *Delphinoidea*, pliskavice rastu puno brže i spolnu zrelost dostižu puno ranije. Primjer je obalni dupin kod kojih ženke dosežu spolnu zrelost u trećoj godini života, dok su u toj dobi, mladunci dobrog dupina i dalje čvrsto vezani uz majku. Dallijeva pliskavica i obalni dupin imaju mogućnost razmnožavanja svake godine i ženke ovih vrsta mogu i dobiti mladunce i biti skotne s novim potomstvom. Ovakav brzi spolni ciklus odraz je relativno kratkog životnog vijeka, naime, niti jedna vrsta pliskavica ne živi duže od 20 godina (Perrin i sur., 2008).

⁴ Paedomorfizam – zadržavanje juvenilnih ili ličinačkih karakteristika i u odraslom stadiju. Dva su aspekta: ubrzavanje spolnog sazrijevanje i usporavanje tjelesnog razvoja (<https://www.britannica.com/science/paedomorphosis> 31.08.2020.).

Pliskavice su samotne životinje i uglavnom žive pojedinačno ili u malim fluktuirajućim skupinama. Ovo se vidi i u uzorku nasukavanja - uglavnom nasukana bude samo jedna jedinka. Povremeno se mogu uočiti velike grupe od nekoliko stotina pliskavica, ali ovakve grupe su kratkotrajne i vjerojatno se skupljaju zbog razmnožavanja. Jedina duža i stabilnija veza je ona između majke i mladunca koji siše. Taj period ovisnosti mladunca o majci varira kod pojedinih vrsta, ali niti kod jedne vrste ne prelazi dvije godine. Uz iznimku Dallijeve pliskavice, vrste ove porodice uglavnom su sramežljive i nenametljive životinje koje je teško uočiti i pratiti u moru. Rijetko cijelim tijelom iskaču iz vode, nego za udisanje samo malim dijelom tijela izlaze na površinu (Perrin i sur., 2008).

Većina populacija ove porodice pogođena je ljudskom aktivnošću. Izlovljavanje, slučajan ulov u komercijalnom ribarstvu i degradacija staništa imali su veliki negativni utjecaj na zdravlje i demografiju populacija. Jedino je populacija šarenih pliskavica u Južnom oceanu donekle oslobođena negativnog antropogenog utjecaja. Ljudska aktivnost ima različite stupnjeve negativnog utjecaja na različite populacije pa je različit i njihov stupanj zaštite i ugroženosti (Tablica 3) (Perrin i sur., 2008).

Pliskavice koje žive u priobalnom dijelu mahom su ugrožene zbog modifikacije, degradacije i destrukcije staništa. Iz ovog razloga posebno je ugrožena populacija besperajnih pliskavica koje žive u umjereno toplim i tropskim vodama na obalama Azije i Indije te u kineskoj rijeci Yangtze. Ljudskom aktivnošću pogođena je i populacija obalnih dupina u sjevernom Atlantiku i sjevernom Tihom oceanu uporabom snažnih akustičnih uređaja koji se koriste za odbijanje perajara od uzgajališta lososa (Perrin i sur., 2008).

Obalni dupin i Dallijeva pliskavica stoljećima se izlovljavaju zbog mesa i sala. Između 1834. i 1874. godine na godišnjoj bazi izlovljavalo se više od 1000 jedinki. U Japanu i dalje postoji velika potražnja za mesom kitova pa je Dallijeva pliskavica i dalje na meti izlova harpunima. Jedna od najvećih prijetnji ovim sisavcima je slučajni ulov u ribarske mreže. Većina pliskavica koje završe kao slučajni ulov upliće se u ribarske mreže postavljene na dno za hvatanje pridnenih riba. Sve vrste pliskavica u opasnosti su od uplitanja, a često stradavaju u enormnim brojkama. Pretpostavlja se da je 1994.-1998. godišnje u Sjevernom moru zbog danskih mreža stradavalo gotovo 7000 pliskavica. Brojke slučajno ulovljenih kitova nisu dokumentirane i ne ulaze u statistiku (Perrin i sur., 2008).

Najveću prijetnju slučajan ulov predstavlja endemskoj populaciji vaquita u gornjem dijelu Kalifornijskog zaljeva. U svijetu je preostalo samo nekoliko stotina jedinki ove vrste, i ukoliko se uskoro ne uklone sve ribarske mreže iz njihove blizine, ovu vrstu, koja je trenutno najugroženija vrsta morskog sisavca u svijetu, čeka ista sudbina kao i kineskog riječnog dupina (lat. *L. vexillifer*), odnosno, postat će druga vrsta kitova koja je izumrla u modernom dobu (Perrin i sur., 2008).

2.5.2.3. Porodica oceanskih dupina (lat. *Delphinidae*)

Porodica *Delphinidae* jedna je od tri živuće porodice natporodice *Delphinoidea*. Oceanski dupini pojavili su se u srednjem i kasnom Miocenu, prije 11-12 milijuna godina. Porodica se vjerojatno razvila od predaka izumrle porodice *Kentriodontidae* i brzo se proširila u mnoštvo morfološki i ekološki različitih vrsta. Današnja porodica oceanskih dupina je najbrojnija porodica morskih sisavaca sa 33-35 otkrivenih vrsta smještenih u 17-19 redova. Jedna od postojećih klasifikacija prikazana je u Tablici 4., koja se oslanja na morfološke i molekularne analize (Perrin i sur., 2008).

Tablica 4. Taksonomija porodice oceanskih dupina (Perrin i sur., 2008).

| | |
|-------------|---|
| Podred | Kitovi zubani (lat. <i>Odontoceti</i>) |
| Natporodica | Oceanski dupini (lat. <i>Delphinoidea</i>) |
| Porodica | Oceanski dupini (lat. <i>Delphinidae</i>) |
| Potporodica | lat. <i>Stenoninae</i> lat. <i>Delphininae</i> lat. <i>Lissodelphininae</i> lat. <i>Globicephalinae</i> lat. <i>Orcininae</i> |

Oceanski dupini imaju tipična morfološka obilježja kitova zubana: vretenasto tijelo, jedan nosni otvor na vrhu glave, produljenu lubanju, lijevo nakošenu kranijalnu asimetriju te polidontno i homodontno zubalo kod većine vrsta. Kod nekih vrsta se dogodilo sekundarno reduciranje zubala, uglavnom kao adaptacija na prehranu lignjama. Kod ove porodice

dogodio se i razvoj složenog sustava sinusa i ojačane košćice u uhu, vjerojatno kako bi se poboljšala mogućnost eholokacije. Kao i većina drugih kitova zubana, imaju čunjaste zube. Unutar porodice, jedna od najvećih varijacija među vrstama je aparat za hranjenje, odnosno različito razvijeni rostrum, čeljust i zubi. Velika je varijacija u dužini i širini rostruma te broju i obliku zuba, a ta varijacija odraz je velikog broja ekoloških niša koje različite vrste nastanjuju (Perrin i sur., 2008).

Porodica oceanskih dupina također pokazuje i široku varijaciju u vanjskom izgledu. Samo nekoliko vrsta (*Orcinus orca* (Slika 12. 1) i *Globicephala* spp.) pokazuju naglašeni spolni dimorfizam, dok brojne druge vrste pokazuju manje naglašene razlike u veličini, obliku i boji tijela, te u obliku leđne peraje između mužjaka i ženki. Po veličini su u rasponu od manjih vrsta dužine tijela ispod 1,5 metara (*S. longirostris* (Slika 12. 3) i neke vrste reda *Cephalorhynchus*) do vrsta preko 9 metara (*O. orca*). Kljun također varira u duljini od vrlo dug kod nekih vrsta (*Delphinus delphis tropicalis* (Slika 12. 2) do vrlo kratak kod drugih (*Lagenorhynchus albirostris*). Kod nekih vrsta vanjski kljun potpuno izostaje, npr kod vrsta rodova *Orcinus*, *Globicephala*, *Feresa*, *Pseudorca* i *Peponocephala*, a glava im je često zaobljena pa čak i loptasta (Perrin i sur., 2008).



Slika 12. 1 – kit ubojica (*Orcinus orca*) (Dimery, 2019), 2 – obični dupin (*Delphinus delphis tropicalis*) (Wu, 2016.), 3 – istočnopacifički dupin (*Stenella longirostris*) (Pittman, 2009), 4 – sjeverni glatkoledi dupin (*Lissodelphis borealis*) (Scarff, 2010).

Kod većine vrsta porodice oceanskih dupina leđna peraja je kukasta i zašiljena, kod nekih (*S. longirostris* i mužjaka *O. orca*) je trokutasta, kod nekih zaobljena (*Cephalorhynchus hectori*), a kod mužjaka vrste *S. longirostris orientalis*, leđna peraja je nagnuta naprijed. Kod vrsta reda *Lissodelphis* leđna peraja u potpunosti izostaje (Slika 12. 4), a *Sousa* spp ima izraženu kvrgu na bazi leđne peraje. Boja tijela također varira, od izraženih crnih i bijelih uzoraka kod *O. orca* i nekih vrsta *Cephalorhynchus* spp., preko kompleksnih uzoraka crne, sive i bijele boje kod *Delphinus* spp. i *Stenella* spp. , do jednostavnih crnih (*Globicephala* spp.) ili sivo (*Sousa* spp.) obojenih vrsta. Bez obzira na kombinaciju boja, svi oceanski dupini imaju „countershading“ obojenje, odnosno tamna leđa i svijetle trbuhe (Perrin i sur., 2008).

Kao grupa, porodica oceanskih dupina najveći raznolikost ima u tropskim te toplim i umjerenim širinama. Brojne vrste imaju pantropsku distribuciju a neke druge se pojavljuju u tropskim morima, ali su ograničene na jedan ili dva oceanska bazena. Na primjer, *Stenella frontalis* i *Stenella clymene* pojavljuju se samo u nižim geografskim širinama Atlantskog oceana, dok se vrste *Tursiops aduncus* i *Oracaella brevirostris* pojavljuju samo u Indijskom i zapadnom Tihom oceanu. U hladnim morima borave samo vrste redova *Globicephala*, *Cephalorhynchus*, *Lissodelphis* i *Lagenorhynchus*, koji spadaju u potporodicu *Lissodelphininae* (Tablica 4) i blisko su srodni. Samo jedna vrsta zalazi u polarna mora i to je *Orcinus orca*. Ova vrsta obitava i u srednjim i niskim geografskim širinama te se smatra najviše kozmopolitskom vrstom kitova (Perrin i sur., 2008).

Unutar ove široke geografske distribucije, oceanski dupini nastanjuju i veliki broj raznolikih staništa. Brojne vrste pojavljuju se daleko od obale u dubokim vodama. O tim vrstama se malo zna zbog nemogućnosti dolaska do njihovog staništa. U tropskim morima, samo je populacija kitova istočnog Tihog oceana bolje istražena. Tu postoje razlike u sastavu vrsta u odnosu na dinamiku vodene mase. Dijelove oceana sa ravnomjerno izmiješanim slojem vode i plitkom termoklinom, često su naseljavaju *Stenella attenuata*, *S. longirostris* i *Steno bredanensis*, dok dijelove koji imaju veću varijabilnost uvjeta i neku pojavu upwellinga, naseljavaju vrste *Globicephala macrorhynchus*, *Delphinus delphis*, *Stenella coeruleoalba* i *Peponocephala electra*. U svim oceanima pojavljuju se neke vrste koje inače žive u pelagijalu, ali zalaze i u blizinu obale (npr. *D. delphis*) ili imaju populacije ili sestrinske vrste

koje žive isključivo u obalnim vodama ili staništima u blizini obale. Obalne populacije nekih vrsta povremeno zalaze i u tokove rijeka, ali samo dvije vrste (*Sotalia fluviatilis* u Južnoj Americi i *Orcaella brevirostris* u azijskom dijelu Indo-pacifika) se redovno mogu vidjeti u višim dijelovima toka rijeka (Perrin i sur., 2008).

Sve vrste kitova u većoj ili manjoj mjeri pokazuju socijalnu strukturu. Neke vrste se skupljaju u manjim grupama od po nekoliko jedinki, dok neke imaju velika jata koje broje jedinke u tisućama. Staništa u kojima obitavaju ljudima su teško dostupna te je stoga vrlo malo poznato o ponašanju kitova, a gotovo sve što se zna rezultat je proučavanja kitova u zarobljeništvu (Slika 13). Oceanski dupin, vrsta koja uz čovjeka ima najveći omjer tjelesne mase i veličine mozga, izuzetno je inteligentna životinja. Koristi se širokim spektrom klikanja, zviždanja i skvikova, koji su djelomično u službi njihove visoko razvijene eholokacije, a djelomično za međusobnu komunikaciju (Perrin i sur., 2008).



Slika 13. 1- jato dobrih dupina u zarobljeništvu (*T. truncatus*) (Ocket, 2019), 2 – majka i mlado orke (*O. orca*) u zarobljeništvu (Hogenboom, 2016).

Vrste porodice *Delphinidae* hrane se raznoliko, love ribu, lignje i ostale beskralješnjake, a neke vrste (*O. orca* i *Pseudorca crassidens*) love čak i druge morske sisavce, uključujući velike kitove i perajare. Pojedine vrste se specijaliziraju za lov u određenom dijelu vodenog stupca, pa tako *S. attenuata* lovi epipelagički plijen, vrste reda *Lissodelphis* plijen u mezopelagijalu, a vrste reda *Cephalorhynchus* hrane se batijalnim vrstama (Perrin i sur., 2008).

Pretpostavlja se da je spolno dozrijevanje povezano s veličinom tijela, pa tako manje vrste spolu zrelost dostižu ranije (*D. delphis* sa 6 godina), a veće kasnije (*O. orca* sa 16 godina). Ženke spolno sazrijevaju ranije, kote jedno mlado koje nose 9-16 mjeseci, a mlado uz majku ostaje i nekoliko godina. Kod manjih vrsta, životni vijek je oko 20 godina, a ženke nekih

većih vrsta mogu živjeti i do 60 godina. Kod većih vrsta koje imaju izraženiji spolni *dimorfizam*, ženke nadživljavaju mužjake 15-20 godina. Prirodni uzroci smrtnosti su paraziti, patogeni i orke ili morski psi (Perrin i sur., 2008).

Negativne utjecaje na populacije ima ljudska aktivnost. Osim direktnog lova na kitove, veliki problem predstavlja komercijalno ribarstvo. Destruktivnim metodama ribarenja uništava se staništa u kojem obitavaju, a izlov ribe također predstavlja direktnu konkurenciju za plijen kojeg inače love kitovi. Zagađenje također utječe na zdravlje kitova, posebno na obalne populacije, direktnim trovanjem ili oslabljivanjem imuniteta životinje. Male promjene na fitnessu populacije, kao što su smanjenje reproduktivne sposobnosti ili skraćivanje životnog vijeka, su nemoguće za otkriti, a imaju veliki negativni utjecaj na brojnost (Perrin i sur., 2008).

2.5.3. NATPORODICA *Ziphioidea*

Tablica 5. Taksonomija porodice kljunastih kitova (Perrin i sur., 2008).

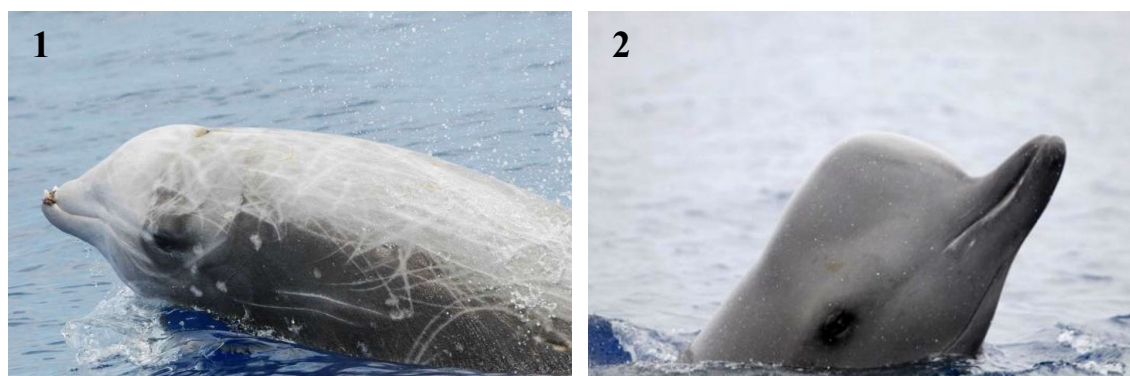
| | |
|-------------|---|
| Podred | Kitovi zubani (lat. <i>Odontoceti</i>) |
| Natporodica | Kljunasti kitovi (lat. <i>Ziphioidea</i>) |
| Porodica | Kljunasti kitov (lat. <i>Ziphiidae</i>) |
| Potporodica | (lat. <i>Ziphiinae</i>) (lat. <i>Hyperoodontinae</i>) |
| Rod | (lat. <i>Berardius</i>) (lat. <i>Tasmacetus</i>) (lat. <i>Ziphius</i>) (lat. <i>Hyperoodon</i>) (lat. <i>Indopacetus</i>) (lat. <i>Mesoplodon</i>) |

Porodica kljunastih kitova (*Ziphiidae*) druga je najbrojnija porodica kitova nakon porodice oceanskih dupina (*Delphinidae*). Do sada su otkrivene 22 vrste raspoređene u dvije potporodice *Ziphiinae* i *Hyperoodontiane* od kojih svaka ima po tri roda. U potporodicu

Ziphiinae pripadaju redovi *Berardius* koji ima dvije živuće vrste te *Tasmacetus* i *Ziphius* koji imaju po jednu vrstu. U drugu potporodicu *Hyperoodontinae* pripadaju rodovi *Hyperoodon* s dvije vrste, *Indopacetus* s jednom i *Mesoplodon* koji broji 15 živućih vrsta (Perrin i sur., 2008).

Imaju velik raspon dužina, od najmanjeg patuljastog kljunastog kita (lat. *Masoplodon peruvianus*) koji je dug malo manje od 4 metra, do najveće vrste bairdovog kljunastog kita (lat. *Berardius bairdii*) od 12 metara. Imaju izdužena vretenasta tijela, a leđna peraja im se nalazi na dvije trećine dužine tijela. Prsne peraje su ima malene i mogu se sklopiti u udubljenje nalik na džepove. Na vratu imaju par brazdi koje im omogućavaju proširenje usne šupljine da bi se što više olakšalo hranjenje (Perrin i sur., 2008).

Glavne osobine prema kojoj se razlikuju pojedine vrste porodice su profil glave, dužina kljuna te oblik i pozicija zubi. Generalno govoreći, vrste s dužim kljunom imaju loptasto, zaokruženo čelo. Karakteristika koja opisuje vrstu i prema čemu su dobili ime su zubi. Uglavnom imaju jedan ili dva para zubi koji se probijaju van kljuna i imaju funkcionalnu ulogu samo kod mužjaka kod većine vrsta. Kod dvije vrste reda *Berardius* zubi imaju funkcionalnu ulogu i kod mužjaka i kod ženki. Iznimke su dvije vrste reda *Hyperoodon* i vrsta sheperdov kljunasti kit (*Tasmacetus sheperdi*). Sheperdov kljunasti kit ima potpuni set zuba kao ostali kitovi uz to da mužjaci imaju i par kljova, a vrste reda *Hyperoodon* (Slika 14. 2) imaju par zubi tipičan za kljunaste kitove, ali oni nikada ne narastu toliko da bi izašli iz desni (Perrin i sur., 2008).



Slika 14. 1-cuvierov kljunasti kit (lat. *Ziphius cavirostris*) (Public Library of Science, 2017); 2-sjeverni čelasti kit (lat. *Hyperoodon ampullatus*) (<https://www.espacotalassa.com/en/cetacean/northern-bottlenose-whale/> 3.9.2020.).

Kljunasti kitovi smatraju se oceanskim vrstama koje se ne zadržavaju u blizini obale. Utvrđeno je da je uvjet za njihovo nastanjanje ustvari dubina vode, tj. na mjestima gdje voda ima dubinu 200 metara i više može se očekivati njihovo pojavljivanje. Postoje lokaliteti na kojima se često viđaju, a nalaze se uz obalu oceanskih otoka gdje je voda dubine 200 metara i više. Pretpostavlja se da u izboru staništa veliku ulogu ima topografija dna. U nekoliko promatranih staništa dno ima složenu topografiju. Na tim mjestima dubokomorske struje su u interakciji s dnom, stvara se upwelling i dolazi do miješanja vode u vodenom stupcu što pogoduje primarnoj proizvodnji pa su ta mjesta bogata hranom što privlači njihov plijen, dubokomorske lignje i ribe (Perrin i sur., 2008).

O ponašanju kljunastih kitova nema puno saznanja. Poznati su po svojim ronilačkim sposobnostima, jedna su od skupina koja rone najdublje i najdulje. Mogu zaranjati nekoliko tisuća metara i na tim dubinama mogu ostati i više od sat vremena. Zbog toga, mogu se svrstati u dubokomorske organizme koji povremeno dolaze na površinu radi udisanja, za razliku od ostalih morskih sisavaca koji su površinske vrste koje imaju sposobnost dubokih zarona. Prilikom zarona, svi članovi jata drže se zajedno i ostaju blizu čak i na velikim dubinama (Perrin i sur., 2008).

Hranu traže blizu morskog dna ili na samom morskom dnu služeći se eholokacijom. Gotovo isključivo se hrane dubokomorskim lignjama, ali pojedine vrste malo su prilagodile prehranu uvjetima u kojima žive pa tako vrsta Sowerbyev kljunasti kit (lat. *Mesoplodon bidens*) jede isključivo duboko morske ribe. Također postoje i razlike u prehrani unutar iste vrste s obzirom na geografski položaj. Primjer toga je cuvierov kljunasti kit (lat. *Ziphius cavirostris*) koji se u nekim područjima hrani se ribom više nego u nekim drugim, a u području Karipskog mora, veliku ulogu u prehrani imaju i dubokomorski rakovi (Perrin i sur., 2008).

Prema saznanjima koja postoje o društvenoj strukturi, ova porodica može se podijeliti u dvije skupine. U prvu skupinu spada većina vrsta rodova *Hyperoodon*, *Mesoplodon* i *Ziphius*. Jedinke ovih vrsta stvaraju male zajednice, najčešće jednu do pet jedinki, a jako rijetko ih se viđa u skupinama većima od deset. Grupe se sastoje od odraslih ženki, njihove mladunčadi ako ih imaju i uglavnom jedan, ali nekad i više mužjaka. U drugu skupinu se ubrajaju longmanov kljunasti kit (lat. *Indopacetus pacificus*) i dvije vrste reda *Berardius*. Ove vrste stvaraju veće zajednice, koje broje 5-20 jedinki pa čak i jata do 100 jedinki. U

grupama su zajedno više ženki, njihovih mladunaca, mladih jedinki i odraslih mužjaka (Perrin i sur., 2008).

O njihovom razmnožavanju zna se malo. Pretpostavlja se da im gestacijski period traje 12 mjeseci, a ženka nosi jedno mlado. Potomstvo ovisi o majci barem prvu godinu života, a vjerojatno i duže. Spolnu zrelost dosežu nakon navršene desete godine, a uočeno je da, posebno mužjaci, spolnu zrelost dosežu prije nego fizičku. Mužjaci su često prekriveni ožiljcima koji su uočljivi kao linearne pruge bez pigmentata (Slika 14. 1). Ti ožiljci nastaju u agresivnim borbama mužjaka za prvenstvo parenja. Stupanj i ozbiljnost tih ožiljaka ovisi o veličini, razvijenosti i položaju kljove kod mužjaka (Perrin i sur., 2008).

Od 22 poznate vrste, 2 vrste svrstane su na IUCN-ovu listu vrsta najmanje ugroženih, dok za ostalih 20 vrsta nema dovoljno podataka. Niti za jednu vrstu nije moguće odrediti globalnu populaciju. Vrlo negativan utjecaj na porodicu ima antropogena aktivnost. Zagađenje mora plastikom i smećem koje dospijeva u organizam kitova ima vrlo negativan utjecaj, kao i ribarenje. Samo je vrsta sjeverni čelasti kit (lat. *Hyperoodon ampullatus*) (Slika 14. 2) komercijalno izlovljavana, ali ostale vrste završavaju kao slučajni ulov ili se upliću u odbačeni ribarski materijal. Osim toga, ribari koji se sve više okreću dubokomorskim ekosustavima kao novom izvoru u već prelovljenom moru, uzrokuju velike štete. Dubokomorski ekosustavi izrazito su osjetljivi i teško i sporo se oporavljaju pa uništavanjem staništa u kojima ove vrste borave uništavaju se i same vrste. Porodica su koju posebno pogađa zvučno onečišćenje mora. Izrazito negativno na njih utječu vojni sonari srednjih frekvencija koji su u više navrata povezani s masovnim nasukavanjima kljunastih kitova. Frekvencije sonara narušavaju njihovu ronilačku aktivnost i uzrokuju posljedice koje nalikuju na posljedice dekompresijske bolesti kod ljudi i mogu izazvati dezorijentiranost, nasukavanje i na kraju smrt (Perrin i sur., 2008).

2.5.4. NATPORODICA *Physteroide*

Natporodica ulješura obuhvaća dvije porodice: ulješure (lat. *Physeteridae*) te male i patuljaste ulješure (lat. *Kogiidae*).



Slika 15. Odrasla ženka ulješure (*P. macrocephalus*) s mladuncem (Wu, 2010).

2.5.4.1. Porodica ulješura (lat. *Physteridae*)

Ulješura (lat. *Physter macrocephalus*) je najveći predstavnik kitova zubana (Slika 15) koji je prisutan u svim svjetskim oceanima osim u najsjevernijem dijelu Arktičkog oceana. Kod ove vrste jako je izražen spolni dimorfizam, odrasli, spolno zreli mužjaci mogu biti i do 16 metara, dok ženke dosežu dužinu od 11 metara. Ulješure zaranjaju najdublje od svih sisavaca i mogu doseći dubinu od 3 000 metara i zaroni im mogu trajati do dva sata (Carwardine, 1998).

Glavni problem koji ovi kitovi moraju riješiti prilikom dubokih zarona je pritisak. Pritisak u vodi raste sa svakih deset metara za jedan bar (jednu atmosferu). U tijelu su na pritisak posebno osjetljivi prostori ispunjeni zrakom: prostor srednjeg uha, sinusi i pluća. Stvaranje i najmanje razlike u tlakovima između vanjskog tlaka i tlaka u tim šupljinama može rezultirati deformacijom i oštećenje tkiva (Ponganis i Kooyman, 2006).

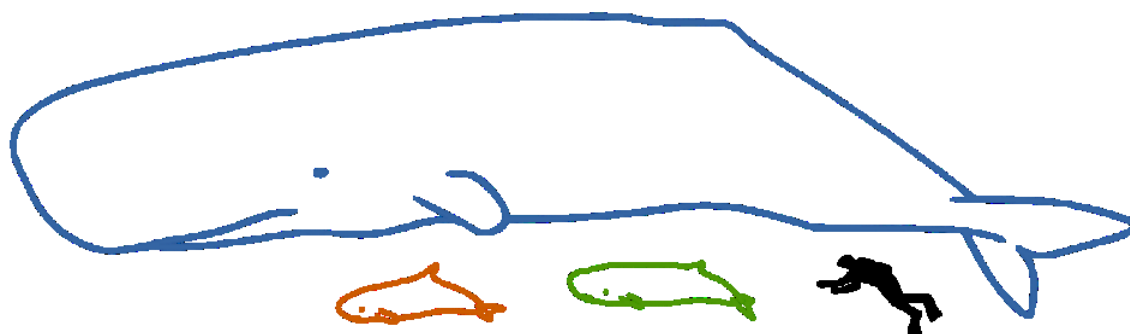
Kod kitova koji idu na velike dubine, kao ulješure, stvorila se prilagodba kako bi se ove šupljine zaštitile, tj. šupljina srednjeg uha je obložena snažnom mrežom vena (venski pleksus) koja se postupno širi ili sužava s promjenom pritiska i s time sprječava stvaranje razlike u tlaku. Ista mreža oblaže i sinuse pa se istim mehanizmom sprječava oštećenje sinusa (Ponganis i Kooyman, 2006).

Organ najosjetljiviji na promjene tlaka su pluća. Kod ove i nekih drugih vrsta događa se tzv. kolaps pluća. Iz alveola se istiskuje zrak u dušnik i dušnice koji su ojačani hrskavicama i u

kojima nema izmjena plinova s krvi. Na taj se način onemogućava prelazak plinova, prvenstveno dušika, u krv pa ne može doći do dušikove narkoze⁵ i pojave mjehurića plina u krvi i zglobovima te se smanjuje mogućnost dekompresijske bolesti⁶ (Ponganis i Kooyman, 2006).

Gubitak mogućnosti izmjene plinova nadomjestili su s nekoliko drugih prilagodbi. Prvo, imaju puno veći volumen krvi u odnosu na kopnene životinje (npr. ljudi imaju oko 72 mL krvi na 1 kg mase, dok je ta brojka kod kitova 200-250 mL na 1 kg mase). Drugo, imaju puno veću koncentraciju hemoglobina, u odnosu na ljude, imaju duplo više hemoglobina u krvi. Treće, imaju puno veću koncentraciju mioglobina, proteina koji veže kisik u mišićima, otprilike 10 puta više nego kod ljudi (Ponganis i Kooyman, 2006).

Prema IUCN-ovoj listi spada u osjetljive vrste, a glavne prijetnje su joj ljudska pomorska aktivnost, kao prekooceanski transport, zagađenje te izlov morskih plodova kojima se ulješure hrane. Današnja populacija broji oko 360 000 jedinki, dok ih je prije ekstenzivnog kitolova bilo oko 1 100 000. Godišnje pojedu oko 10 milijuna tona hrane. To je dugoživuća vrsta sa vrlo izraženom socijalnošću. Ženke stvaraju jake matrijarhalne skupine u kojima odgajaju mladunčad (Carwardine, 1998).



Slika 16. usporedba veličine ulješure (plava), patuljaste ulješure (narančasta) i male ulješure (zelena) (Huh, 2010) (https://en.wikipedia.org/wiki/Dwarf_sperm_whale 07.09.2020.).

⁵ Dušikova narkoza – nastaje djelovanjem povišenog tlaka dušika na živčani sustav (Ergović i Ergović, 2019)

⁶ Dekompresijska bolest – oboljenje fizikalne prirode koja nastaje padom tlaka u okruženju tkiva zasićenog dušikom. Rezultira oslobađanjem mjehurića koji nastaju i rastu tijekom izrona kao rezultat povišene količine dušika u organizmu tijekom ronjenja na velikim dubinama. Ovisno o mjestu nastanka mjehurića, može imati mehaničke i biokemijske posljedice (Ergović i Ergović, 2019)

2.5.4.2. Porodica malih i patuljastih ulješura (lat. *Kogiidae*)

Mala ulješura (lat. *Kogia simus*) i patuljasta ulješura (lat. *Kogia breviceps*) jedini su predstavnici porodice Kogiidae (Slika 16. zelena i narančasta). To su slabo istražene, veličinom male vrste koje žive na velikim dubinama. Rijetko se mogu vidjeti, ali su rasprostranjene u umjerenim i tropskim morima Atlantskog, Tihog i Indijskog oceana. Nije poznata brojnost ovih vrsta, ali su na nekim područjima česta nasukavanja. Hrane se mezo- i batipelagčkim lignjama, ribama i rakovima. Posebnost ovih dviju vrsta je postojanje mjehura ispunjenim crvenkasto-smeđom tvari za koju se pretpostavlja da otpuštaju u slučaju opasnosti ili uznemiravanja. Ljudi utječu na ove vrste prekomjernim izlovom ribe što uzrokuje smanjenje izvora hrane te povećanjem količine plastičnog otpada i kemijskog zagađenja. Korištenje vojnih sonara srednjih frekvencija potencijalni je uzrok masovnih nasukavanja ovih vrsta (Burnie, 2001).

3. *Anisakis* Dujardin, 1845

3.1. SISTEMATSKA PODJELA NEMATODA RODA *Anisakis*

Tablica 6. Taksonomija roda *Anisakis* Dujardin, 1845 sa vrstama koje su do danas utvrđene. (Smith i Wootten, 1978; Mattiucci i Nascetti, 2008).

| | | |
|-------------|---------------------------------|---|
| Carstvo | Animalia | |
| Koljeno | Nematoda | |
| Razred | Secernentea | |
| Red | <i>Ascaridida</i> | |
| Natporodica | <i>Ascaridoidea</i> | |
| Porodica | <i>Anisakidae</i> | |
| Subporodica | <i>Anisakinae</i> | |
| Rod | <i>Anisakis</i> , Djuardin 1845 | |
| Vrsta | <i>Anisakis</i> tip I | <i>A. simplex</i> kompleks [<i>A. simplex</i> (s.s.), <i>A. pegreffii</i> i <i>A. simplex C</i>], <i>A. typica</i> , <i>A. ziphidarum</i> i <i>Anisakis</i> sp. |
| | <i>Anisakis</i> tip II | <i>A. physeteris</i> kompleks (<i>A. physeteris</i> , <i>A. brevispiculata</i> i <i>A. paggiae</i>) |

3.2. OPĆENITO O NEMATODAMA RODA *Anisakis*

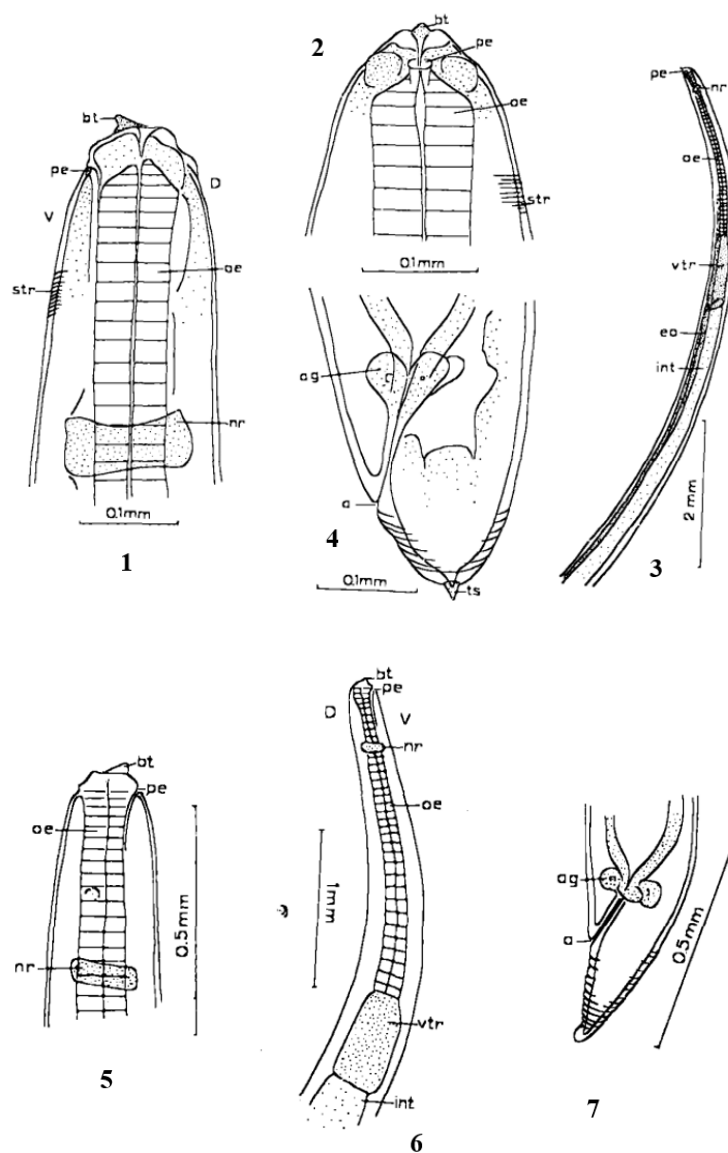
Parazitizam kao oblik simbioze jedan je od najuspješnijih oblika života. Više od polovine ukupnog broja biljnih i životinjskih vrsta na zemlji su paraziti i vjerojatno niti jedan organizam ne može izbjeći zarazu parazitima u toku života (Klimpel i Palm, 2011).

Koljeno Nematoda, koje uključuje oko 256 porodica i više od 40 000 poznatih vrsta, jedno je od najbogatijih i najbrojnijih koljena beskralješnjaka. Osim slobodnoživućih nematoda u slatkim i slanim vodama, te kopnenim staništima, brojne su parazitske vrste koje koriste biljke, životinje i ljude kao domaćine na globalnoj skali (Klimpel i Palm, 2011).

Oblici porodice *Anisakidae* su prvi put izolirani u 13. stoljeću najvjerojatnije iz riba. U morskim sisavcima su zabilježeni početkom 18. stoljeća, a kao povremeni uzročnici oboljenja ljudi tek 1867. godine. Uobičajenim uzročnikom bolesti čovjeka, ovi oblici se smatraju tek od 1950. i 1960. godine (Myers, 1976). Natporodica *Ascaridoidea* sadrži 52 roda s vrstama koje su uglavnom paraziti probavnog trakta kralješnjaka. Vrste roda *Anisakis* spadaju u ovu natporodicu (Mattiucci i Nascetti, 2008). Pripadnici nematoda roda *Anisakis*, poznati kao haringin ili kitov crv, pojavljuju se u svom trećem ličinačkom stadiju kod brojnih koštunjača diljem cijelog svijeta uz iznimku riba koje nastanjuju mora u strogom Antarktičkom pojasu. Neke od vrsta u kojima parazitiraju su vrlo važne ribolovne vrste (Woo i Buchmann, 2013).

Ovi paraziti koloniziraju probavni sustav morskih kralješnjaka i imaju indirektan životni ciklus koji uključuje razne domaćine na različitim trofičkim razinama prehranbene mreže. Morski sisavci (prvenstveno kitovi *Cetacea*) su krajnji domaćini, ribe i lignje su intermedijarni odnosno paratenični domaćini, a planktonski i semiplanktonski rakovi su prvi intermedijarni domaćini (Mattiucci i sur., 2018).

Natporodica nematoda *Ascaridoidea* sadrži 52 roda s vrstama koje parazitiraju u probavnom sustavu kralješnjaka. U tu natporodicu spada porodica *Anisakidae* koja obuhvaća dvije potporodice *Anisakinae* i *Contracacinae*. U prvu spadaju dva roda: *Anisakis* i *Pseudoterranova*, a u drugu tri: *Contracaecum*, *Phocascaris* i *Galeiceps*. Vrste rodova *Anisakis*, *Pseudoterranova*, *Contracaecum* i *Phocascaris* imaju životni ciklus vezan uz vodu, a konačni domaćini su im homeotermni organizmi (Mattiucci i Nascetti, 2008).



Slika 17. 1-4 ličinka tipa I.: 1-lateralna strana glave (bt – zub za bušenje, pe – ekskretorna pora, str - brazde, nr – živčani prsten, oe – ždrijelo), 2-ventralna strana glave (bt – zub za bušenje, pe – ekskretorna pora, oe – ždrijelo, str - brazde), 3-lateralna strana anteriornog kraja (pe – ekskretorna pora, nr – živčani prsten, oe – ždrijelo, vtr – ventrikul (želudac), eo – ekskretorni organ, int – crijevo), 4-rep (ag – analne žlijezde, a – anus, ts – repna bodlja); 5-7 ličinka tipa II.: 5-lateralna strana glave (bt – zub za bušenje, pe – ekskretorna pora, oe – ždrijelo, nr – živčani prsten), 6-lateralna strana anteriornog kraja (bt – zub za bušenje, pe – ekskretorna pora, nr – živčani prsten, oe – ždrijelo, vtr - ventrikul, int – crijevo), 7-rep (ag – analne žlijezde, a – anus) (Berland, 1961).

Prema Berlandovom (1961) opisu morfoloških značajki ličinki (npr. dužina ventrikula i prisustvo/odsustvo repića), razlikuju se tip I (Slika 17. 1-4) i tip II (Slika 17. 5-7) ličinke . Prema tipu ličinke vrste roda *Anisakis* razlikujemo dva klada⁷. U prvi klad koje imaju ličinku tipa I pripada šest vrsta: *A. simplex* kompleks [*A. simplex* (s.s.), *A. pegreffii* i *A. simplex* C], *A. typica*, *A. ziphidarum* i *Anisakis* sp. U drugi klad pripadaju tri vrste: *A. physeteris* kompleks (*A. physeteris*, *A. brevispiculata* i *A. paggiae*), i sve imaju ličinku tipa II. (Mattiucci i Nascetti, 2008). Taksonomija reda *Anisakis* prikazana je u tablici 6.

3.3. ŽIVOTNI CIKLUS RODA *Anisakis*

Životni ciklus roda *Anisakis* prati životni ciklus svih nematoda. Uključuje četiri ličinačka stadija (L₁-L₄) i odrasle jedinke u krajnjem domaćinu. Životni ciklus nematoda uključuje i intermedijarne⁸ i paratenične⁹ domaćine i takav životni ciklus naziva se heteroxenija. I intermedijarni i paratenični domaćini sudjeluju u rasprostranjivanju parazita i s time povećavaju mogućnost dolaska parazita do krajnjeg domaćina¹⁰ (Klimpel i Palm, 2011).

Životni ciklus nematoda roda *Anisakis* po razvojnim stadijima od jajašca (i) do odrasle jedinke (vi) prikazan je na slici 18.

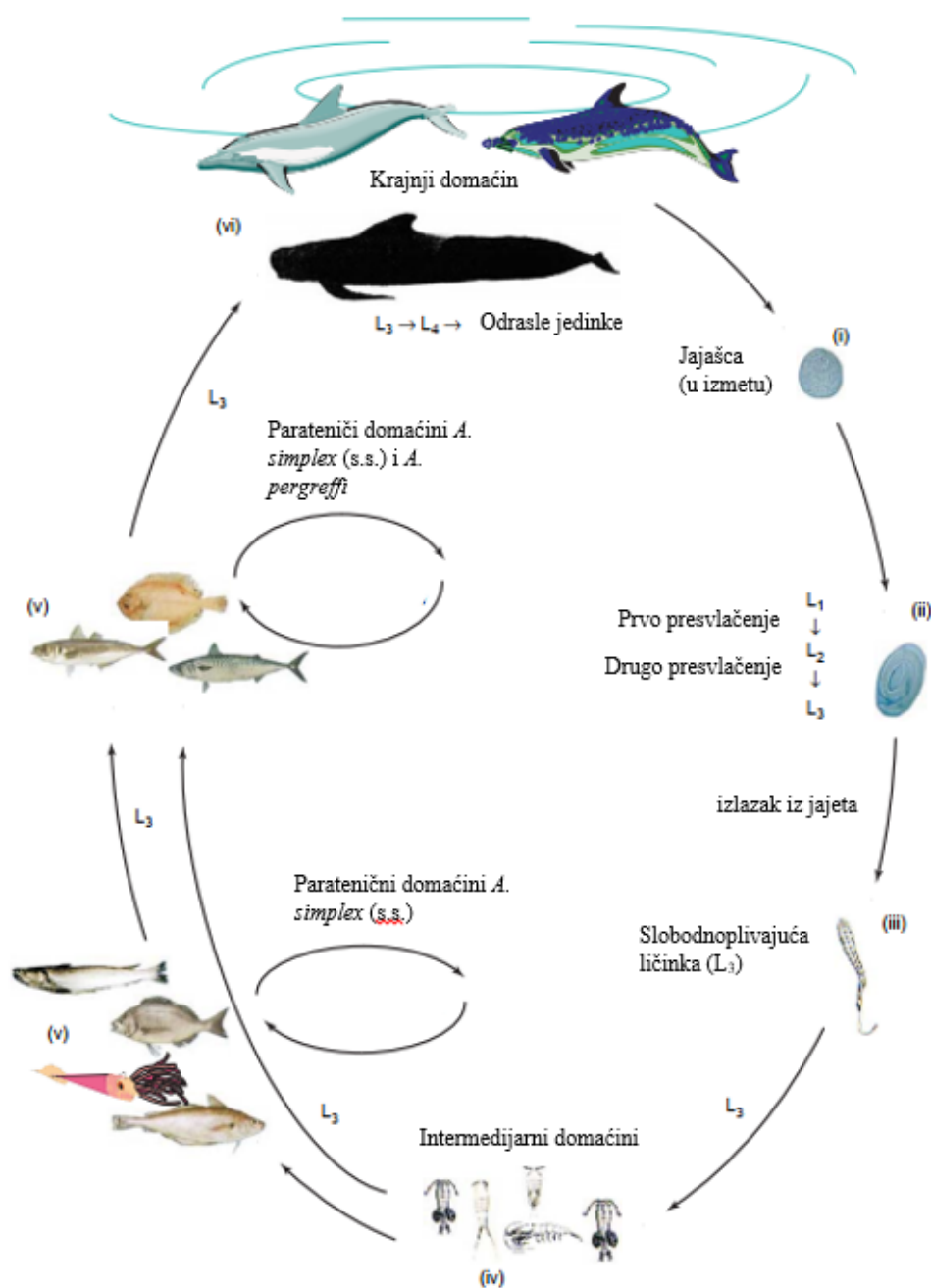
Spolnu zrelost parazit dostiže u probavnom sustavu kitova (vi.) Neembrionirano jajašce se putem izmeta krajnjeg domaćina ispušta u morsku vodu gdje se embrionira (i). Brzina izvaljivanja ovisi o temperaturi okolnog mora (varira od 4-8 dana na temperaturi 13-18°C do 57-82 dana na temperaturi ispod 5°C). Prva dva presvlačenja odvijaju se u jajašcu prije izvaljivanja (ii). Nakon drugog presvlačenja izlazi slobodnoživuća ličinka trećeg stadija (L₃) (iii). Ličinke trećeg stadija pojedu prvi intermedijarni domaćini, kril ili kopepodni račići (iv) (Audicana i sur., 2003).

⁷ Klad – grč. *Klados* = ogranak, grana; skupina organizama koji su se razvili iz jednog zajedničkog pretka.

⁸ Intermedijarni domaćin – organizam u kojem parazit prolazi jedan ili više spolno nezrelih stadija.

⁹ Paratenični domaćin – organizam koji služi kao međudomaćin dok parazita ne pojede krajnji domaćin i u kojem se ne odvija nikakva razvojna faza.

¹⁰ Krajnji domaćin – organizam u kojem parazit doživljava spolnu zrelost.



Slika 18. Životni ciklus nematoda roda *Anisakis*: (i) je jajašce koje u morski okoliš dospjeva putem izmeta krajnjih domaćina (vi). (ii) predstavlja prvi L_1 , drugi L_2 i treći L_3 stadij ličinke, (iii) je treći stadij ličinke što je slobodno plivajuća ličinka koja dospjeva u prvog intermedijarnog domaćina (iv) koji biva pojeđen od drugog parateničnog domaćina (v). Kada parateničnog domaćina pojede krajnji domaćin (vi), ciklus se zatvara. U krajnjem domaćinu se iz trećeg stadija ličinka razvija u predadultni stadij L_4 , a zatim u odraslu jedinku koja se razmnožava i otpušta jajašca (Pascual i Abollo, 2005).

Koštunjače i glavonošci koji se hrane krilom ili zaraženim kopepodnim račićima i drugim glavonošcima postaju paratenični domaćini i time pridonose rasprostranjivanju parazita (v) (Audicana i sur., 2003). Manje ribe i glavonošci čest su plijen većih vrsta riba, koje nakon što pojedu zaraženi plijen i same postaju zaražene, a samim time i one postaju paratenični domaćin u životnom ciklusu (v). Konstantan prijenos ličinki roda *Anisakis* između predatora i plijena omogućava ekstenzivnu bioakumulaciju ličinki. U pojedinim pelagičkim pridnenim ribama uočen je porast abundancije ličinki s duljinom života i veličinom tijela. Takve vrste mogu akumulirati na stotine ličinki u svom organizmu u svom životnom vijeku (Mattiucci i D'Amelio, 2014). Komercijalno važne vrste koji su potencijalni paratenični domaćini ovih nematoda uključuju: heringu, bakalara, pacifičkog bodečnjaka, lososa, skušu, oslića, srdelu, incuna i europsku lignju (Audicana i sur., 2003).

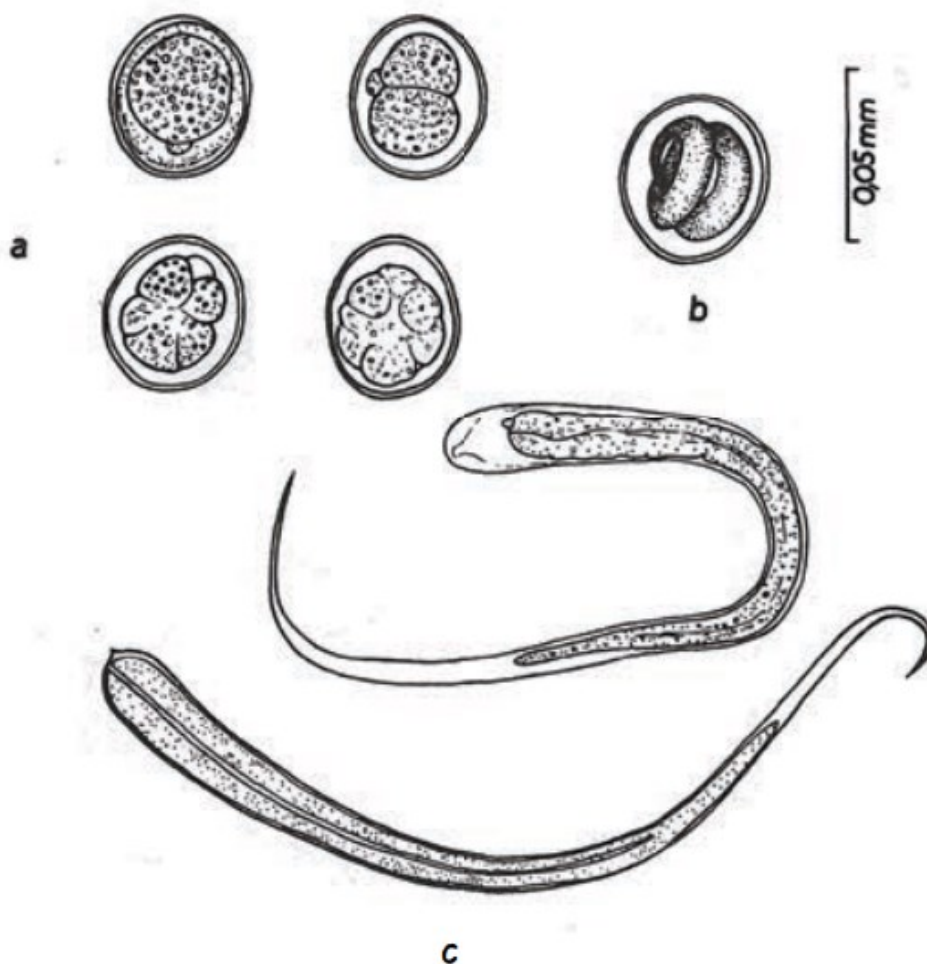
Morski sisavci bivaju zaraženi kao predatori zaraženih riba i glavonožaca (vi). Vjeruje se da je moguća i direktna zaraza hranjenjem zaraženim krilom jer je oboljenje uočeno i kod vrsta koje se njima hrane. Nakon što ih krajnji domaćin pojede, L₃ ličinke probijaju želučanu sluznicu i ulaze u probavni sustav. Tu se dva puta presvlače prije nego dosegnu spolnu zrelost. Najčešće se 50 do 100 jedinki trećeg i četvrtog stadija grupiraju i stvaraju želučane čireve veličine 1-6 cm u promjeru (Audicana i sur., 2003). Kada dosegnu spolnu zrelost, odrasle jedinke se razmnožavaju, ženke otpuštaju jajašca i životni ciklus se zatvara. Ovi paraziti rijetko imaju utjecaj na zdravlje svojih domaćina, no ponekad mogu stvoriti značajnije lezije, kao što su čirevi i krvarenja. U rijetkim slučajevima mogu uvelike narušiti zdravlje svojih domaćina pa čak i uzrokovati smrt (Perrin i sur., 2008).

3.4. MORFOLOGIJA ŽIVOTNIH STADIJA NEMATODA RODA *Anisakis*

Upoznavanje životnog ciklusa i mogućnost točne identifikacije vrsta roda *Anisakis* je neophodno zbog pojavljivanja ličinki tog roda u ribljim vrstama. Eksperimentalnim istraživanjima umjetne zaraze životinje odgovarajućim stadijem ličinke te laboratorijskim uzgojem (*in-vitro*) uspjelo se u potpunosti razjasniti životni ciklus ovog parazita (Grabda, 1976). 1976. godine J. Grabda laboratorijski je uzgojila ličinke *Anisakis simplex* metodom koju su uspostavili njezini prethodnici te je detaljno opisala sve stadije razvoja ove vrste.

3.4.1. JAJAŠCA, PRVI (L₁) I DRUGI (L₂) LIČINAČKI STADIJ

Jajašca variraju u veličini od 39-42 do 41-43 μm i imaju glatku, tanku, prozirnu ljusku kroz koju se mogu uočiti blastomere u raznim stupnjevima u procjepima (Slika 19. a). Već nakon dva dana mogu se uočiti smotane i pokretne ličinke prvog stadija (Slika 19. b). Ličinke se prvi puta presvlače u jajašcu i prelaze u drugi stadij. I u drugom stadiju ličinke su prekrivene kutikulom, koja ostaje od prvog stadija, na kojoj se uočavaju tanke poprečne pruge. Kutikula se najbolje uočava u području repa i glave jer se na tim mjestima odvojila od samog tijela zbog mrđanja jedinke (Slika 19. c). Prisutnost ove kutikule karakteristika je ove skupine nematoda i gubi se tek kada ličinku pojede prvi intermedijarni domaćin (Grabda, 1976).



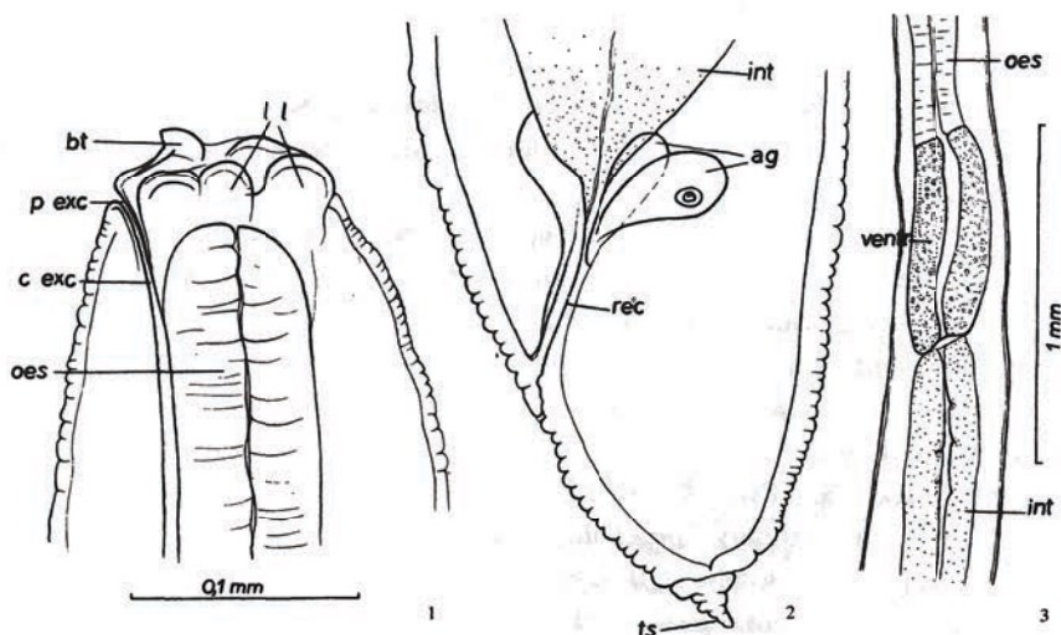
Slika 19. Prvi razvojni stadiji *A. simplex*: a- jajašca sa različitim stupnjevima procjepa, b- jajašca s larvama prvog stupnja, c- slobodne ličinke drugog stadija obavijene tankom kutikulom ličinke prvog stadija (Grabda, 1976).

Tijelo ličinke najdeblje je u anteriornom dijelu, polako se sužava prema posteriornom dijelu. Kutikula formira dugi i zašiljeni rep unutar kojeg se nalazi kraći i zaobljeniji rep ličinke. Na vrhu glave, blago asimetrično, smješten je zub za bušenje, a začeci usana još nisu vidljivi. Unutarnji organi u ovom stadiju još nisu diferencirani, a probavni sustav čine jednjak koji se vidi kao tanki kanalić te slabo razvijeno crijevo. Ličinke u kutikuli duge su između 297 i 351 μm , dok su van kutikule duge 281-293 μm . Najveća debljina u anteriornom dijelu iznosi između 20 i 23 μm (Grabda, 1976).

3.4.2. LIČINKE TREĆEG STADIJA (L₃)

Ličinke trećeg stadija pojavljuju se u tjelesnim šupljinama parateničnih domaćina savijene u spirale i obavijene cistama ili ispod peritonealne membrane. Najčešće se nalaze u crijevima između spolnih žlijezda i u trbušnoj šupljini. Ponekad se može dogoditi da se uopće ne nalaze u cistama, nego se anteriornim dijelom zakače za želučani mišić, a posteriorni dio im je slobodan u trbušnoj šupljini. Također se mogu cijele nalaziti u mišićnom tkivu. Dužina tijela varira od 19 do 28 mm, a u središnjem dijelu tijela širine su 0,3-0,5 mm (Grabda, 1976).

Na glavi se, pomalo dorzalno, nalazi zub za bušenje, a oko njega su tri slabo razvijene usne, jedna dorzalno, a dvije ventro-lateralno (Slika 20. 1). Ispod ventro-lateralnih usana smještena je ekskretorna pora do koje vodi tanki ekskretorni kanal. Mišićno ždrijelo, ovisno o veličini jedinke, može biti dugo 1,8-2,8 mm, a žljezdani dio, takozvani želudac (ventriculus), dug je 0,6-0,8 mm i na njega je indirektno vezano crijevo (Slika 20. 3). Na udaljenosti 0,25-0,27 mm od vrha glave može se uočiti prsten živaca koji okružuje ždrijelo. Ždrijelo je kanal debelih zidova koji su građeni od naizmjenično kružno složenih mišića i žljezdastih stanica (Slika 20. 1). Zid ventrikulusa građen je od velikih žljezdastih stanica i ispunjenih zrnatom tvari (Slika 20. 3). Ventrikulus je s crijevom povezan kosim spojem. U ovom stadiju, cijeli probavni sustav prevučen je ispucalim stisnutim lumenom te u njemu nisu uočene čestice hrane. To sve ukazuje na to da se u ovom stadiju ličinka ne hrani. Stanje epitela mijenja se tek nakon presvlačenja kada počinje 4 stadij (Grabda, 1976).



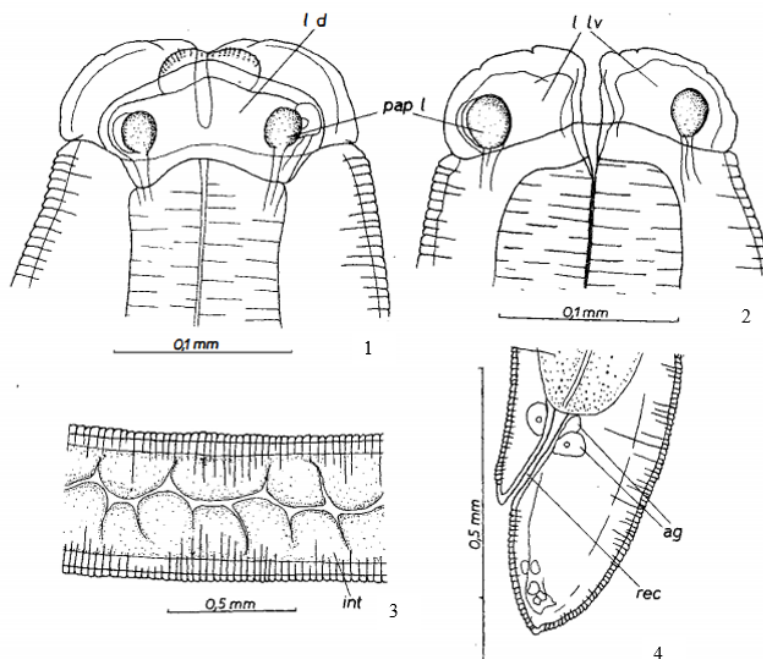
Slika 20. *A. simplex* ličinka 3. stadija (L₃): 1. prednji (glaveni) dio ličinke (l – usne, bt – zub za bušenje, p exc – ekskretorne pore, c exc – ekskretorni kanal, oes – ždrijelo), 2. repni dio ličinke (int – crijevo, ag - analne žlijezde, rec – rektum), 3. ventrikularni dio ličinke, tj. dio ličinke u području želuca (oes – ždrijelo, ventr – želudac, int – crijevo) (Grabda, 1976).

Ličinke trećeg stadija pokazale su izuzetnu sposobnost preživljavanja. Nakon što su ih izvadili iz ribe i stavili ih u 0,65% otopinu natrijeva klorida na temperaturu 2°C, ličinke su preživjele i do 8,5 mjeseci. Kada ih se promatralo, obično su na dnu posude bile spiralno smotane, a pokretat su se počele kada bi ih se stavilo na sobnu temperaturu. Pretpostavlja se da u prirodnim uvjetima, u probavnom sustavu ribe ili glavonošca, živeći anabiozom, mogu preživjeti puno duže, sve dok ne dođu do krajnjeg domaćina gdje se mogu preobraziti u svoj konačni oblik (Grabda, 1976).

3.4.3. LIČINKE ČETVRTOG STADIJA (L₄)

Ličinke L₄ nastaju presvlačenjem i dužine su 25-31 mm, a debljine 0,45-0,7 mm. Kutikula ima izraženiji prugasti uzorak, a pruge stvaraju segmente koji su gledano sa strane vidljivi kao nareckani uzorak. Imaju tri razvijene usne na vrhu glave. Dorzalna usna ima izražene po dvije bradavice sa svake strane (Slika 21. 1), dok svaka od ventro-lateralnih usni ima po jednu bradavicu (Slika 21. 2). Na glavi ličinke nedostaje zub za bušenje. Kraj tijela, rep, je

kratak i zaobljen s malim čvorićem umjesto mukrona. Izostanak zuba i mukrona posljedica su nestanka kutikule koja se gubi presvlačenjem trećeg u četvrti stadij. Kratki rektum presvučen je debelim slojem kutikule i završava u anusu. Tri jednostanične analne žlijezde, od kojih su dvije smještene dorzalno, a jedna ventralno, smještene su kraj rektuma (Slika 21. 4) (Grabda, 1976).



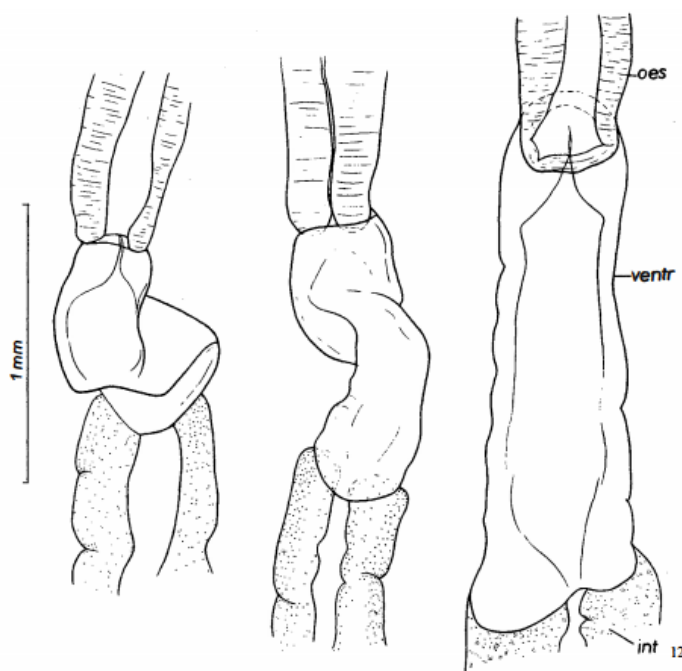
Slika 21. *A. simplex* ličinka 4. stadija (L₄): 1. dorzalni dio glave ličinke (l d – dorzalna usna, pap l – usne bradavice), 2. ventralni dio glave ličinke (l lv – ventro-lateralne usne, pap l – usne bradavice), 3. središnji dio crijeva (int – crijevo), 4. rep ličinke (ag – analne žlijezde, rec – rektum) (Grabda, 1976).

U ovom stadiju crijevo postaje aktivno. Epitelne stanice se razvijaju velikom brzinom, paracentralni dio se širi i zaobljuje te poprima stožast oblik. Masa kojom se hrane sastoji se od krvnih stanica i njihovih ostataka i mogu se ostatci hrane pronaći u lumenu probavnog sustava (Grabda, 1976).

3.4.4. ODRASLE JEDINKE

Izgled odrasle jedinice 1971. godine opisao je u svom radu J. T. Davey. Imaju tri usne svaka s bradavičastom anteriornom tvorevinom na kojoj se uočavaju grebeni s tvorevinama sličnim

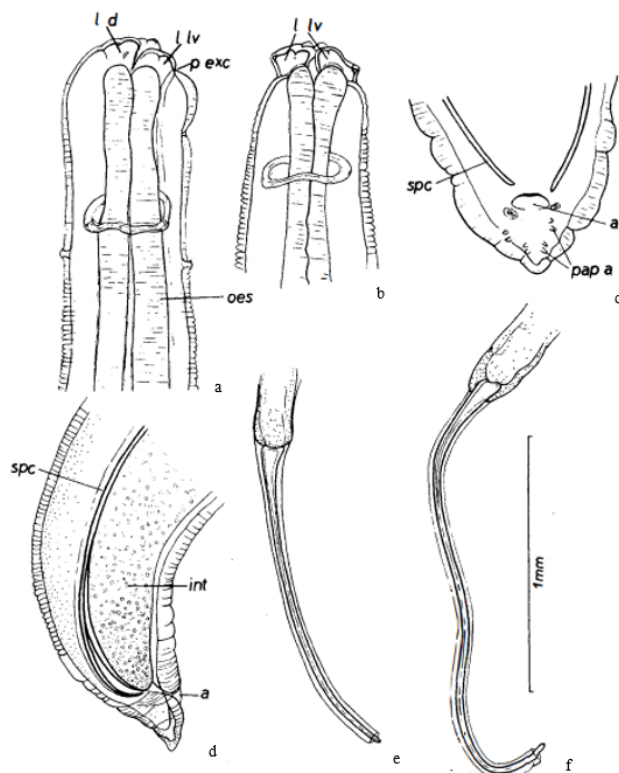
zubima, izlaz ekskretorne žlijezde nalazi se između ventro-lateralnih usana. Na usne se nastavlja jednjak s anteriornim mišićnim dijelom i posteriorno smještenim ventrikulusom. Ventrikulus ponekad može biti duguljast i s-oblika, a češće cilindričan (Slika 22) (Davey, 1971). Ni ventrikulus ni crijevo nemaju nastavak. Rektum je tanak, kratak i kosi kanalić koji završava u anusu. Rep je kratak i čunjastog oblika. Specifičnost roda je: dužina ventrikulusa, dužina spikula i njihov odnos u brojnosti i položaju prema postanalnim bradavicama kod mužjaka (Grabda, 1976).



Slika 22. Odrasla jedinka *A. simplex*: različiti oblici fentrikulusa: s-oblika lijevo i u sredini te cilindrični oblik desno (Grabda, 1976).

Mužjaci uzgojeni *in-vitro* bili su dugi 5,7-7,2 cm. Stražnja strana tijela blago im je savijena prema trbušnoj strani. Brojne preanalne bradavice smještene su na brazdi koja se nalazi na trbušnoj strani ispod kloake. Uzduž brade zadebljala je kutikula koja na stranama formira tvorbu sličnu krilcima koji se protežu do kratkog, stožastog repa. Četiri para bradavica nalaze se blizu kraja repa, dok se preostala dva para nalaze uz sam anus (Slika 23. c). Spikule su nejednake dužine, a dužina im ovisi i o vrsti. Lijeva i desna spikula (Slika 23. e, f), kod promatranog mužjaka dužine 5,6 cm, duge su 1,35 i 1,97 mm, a njihov omjer je 1:1,47. Otprilike 0,55-0,71 mm od vrha glave, može se uočiti živčani prsten koji okružuje jednjak, a širi se prema hipodermalnim prugama (Slika 23. a, b). Odmah ispod prstena smještene su

dvije bradavice, dorzalna i ventralna. Ventrikulus koji se nastavlja na jednjak dug je 1,6 mm. Crijevo promatranog mužjaka ne razlikuje se od crijeva ličinki L₄. U blizini ventrikulusa smještena je ekskretorna žlijezda, a anteriorni dio izrazio je spljošten (Grabda, 1976).



Slika 23. Odrasla muška jedinka *A. simplex*: a) desna strana glave jedinke (l d – dorzalna usna, l v – ventro-lateralne usne, p exc – ekskretorna pora, oes – jednjak), b) glava jedinke s ventralne strane (l v – ventro-lateralne usne), c) rep jedinke s ventralne strane (spc – spikule, pap a – postanalne bradavice, a – anus), d) desna strana repa (spc – spikuli, int – crijevo, a – anus), e) desni spikuli, f) lijevi spikuli istog mužjaka (Grabda 1976).

Ženke uzgojene *in-vitro* duge su između 5,6 i 10,4 cm, a u središnjem dijelu tijela, debljine su oko 2 mm. Imaju duguljasto cilindrično tijelo koje završava stožastim repom. Usne su jednake onima mužjaka, a kao i kod mužjaka ventrikulus može biti cilindričan ili s-oblika. Reproductivni sustav ženki tipičan je za red Ascidida. Vulva je smještena na sredini tijela, vagina je odmah ispod, a dvije paralelne maternice protežu se prema kraju tijela. Jajnici se zavijaju u brojne petlje. Crijeva odrasle ženke vrlo su razvijena, lumen zadebljan i ispunjen česticama hrane i ekskrecijama epitelnih stanica. Ekskretorni sustav tipičan je za ovaj rod, a nema razlike između žlijezda kod mužjaka i ženki (Grabda, 1976).

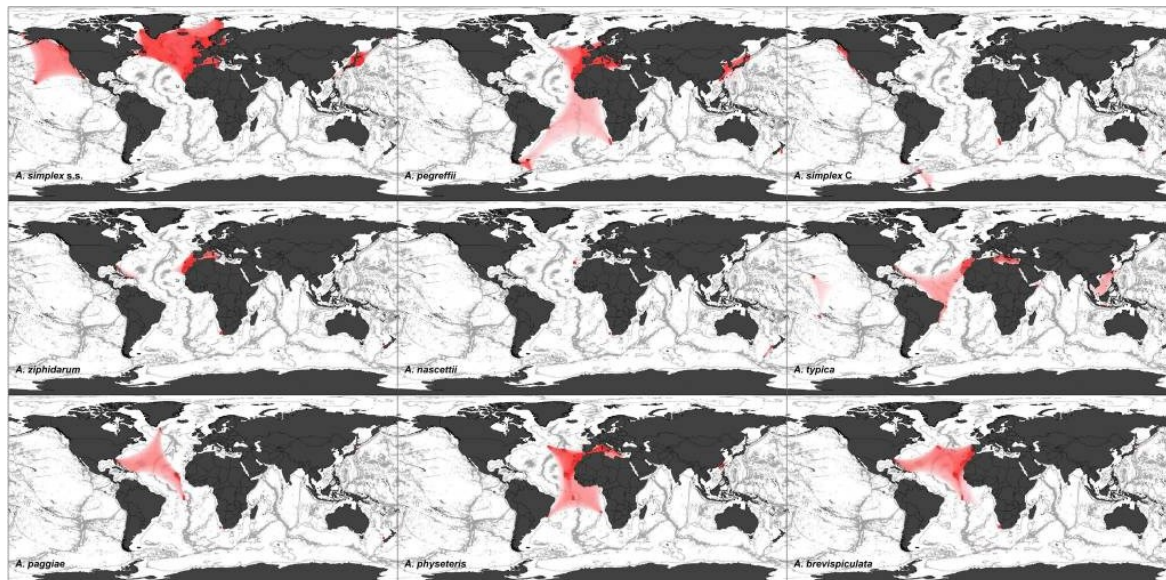
3.5. GEOGRAFSKA RASPROSTRANJENOST

Distribucija morskih parazitskih oblića uvjetovana je širokim rasponom abiotičkih čimbenika kao što su hidrografski i klimatski uvjeti. Također je pod utjecajem prijenosnih puteva koji strogo prate trofički odnos između krajnjih i intermedijarnih domaćina (Kuhn i sur., 2011). Vrste roda *Anisakis* rasprostranjene su po cijelom svijetu. Biogeografija vrsta *Anisakis* spp. ovisi o kombinaciji četiri čimbenika: 1. distribucija krajnjeg domaćina, 2. specifičnost krajnjih i intermedijarnih domaćina, 3. migracijskom ponašanju parateničnih i intermedijarnih domaćina te 4. o životnom ciklusu. Ova četiri faktora omogućuju rodu *Anisakis* da se nastane u sva morska staništa, od plitkih obalnih mora, preko otvorenog oceana do dubokih morskih predjela (Klimpel i Palm, 2011).

Na Slici 24. se vidi da postoji specifična distribucija pojedinih vrsta unutar roda *Anisakis* unutar različitih klimatskih zona i oceana koja se podudara sa distribucijom njihovih krajnjih domaćina. Do danas je utvrđeno 35 morskih sisavaca i više od 75 različitih koštunjača koje su molekularnim metodama potvrđene kao potencijalni domaćini roda *Anisakis* spp. Nekoliko različitih studija dokazalo je da se vrste roda *Anisakis* razlikuju u ekologiji i preferenciji krajnjeg domaćina pa vrste koje su filogenetski bliže, pokazuju sličan uzorak distribucije jer imaju sličniju ekologiju i preferiraju iste krajnje domaćine (Kuhn i sur., 2011).

Vrste kompleksa *A. simplex* uglavnom su rasprostranjene u Atlantskom oceanu, te zapadnom i istočnom dijelu Tihog oceana gdje borave velike populacije njihovih krajnjih domaćina, vrste iz roda *Delphinidae*. Distribuciju *A. simplex* (s.s.) može se suziti na sjevernu polutku u Atlantskom oceanu te u istočnom i zapadnom Pacifiku, između 20° i 80° sjeverne geografske širine (Slika 24). Vrsta *A. pegreffi* rasprostranjena je od Sredozemnog mora, preko istočnog Atlantskog oceana pa do Antarktičkog poluotoka, s pojavljivanjima u vodama oko Japana i Kine (Slika 24). *A. simplex* C ima isprekidanu distribuciju: uz istočnu obalu Kanade i SADa, jug Afrike i u vodama između Novog Zelanda i Australije. Predstavnici vrste pojavljivali su se i između juga Sjeverne Amerike i Antarktika (Slika 24). Tri nabrojane vrste dio su *A. simplex* kompleksa koje parazitiraju u probavnom sustavu oceanskih dupina za koje se zna da stvaraju velike populacije u Atlantskom oceanu, a hrane se pelagičkom ribom i

glavonošcima. Ovakva rasprostranjenost ovih vrsta posljedica je disperzije putem fekalija zaraženih morskih sisavaca (Khun i sur., 2011).



Slika 24. Model geografske rasprostranjenosti svih do sada opisanih vrsta roda *Anisakis* spp. Intenzitet boje označava vjerojatnost pojave pojedine vrste. Prvi red s lijeva na desno: *A. simplex* (s.s.), *A. pegreffii*, *A. simplex* C; drugi red s lijeva na desno: *A. ziphia. zidarum*, *A. nascetti*, *A. typica*; treći red s desna na lijevo: *A. paggiae*, *A. physeteris*, *A. brevispiculata* (Kuhn i sur., 2011).

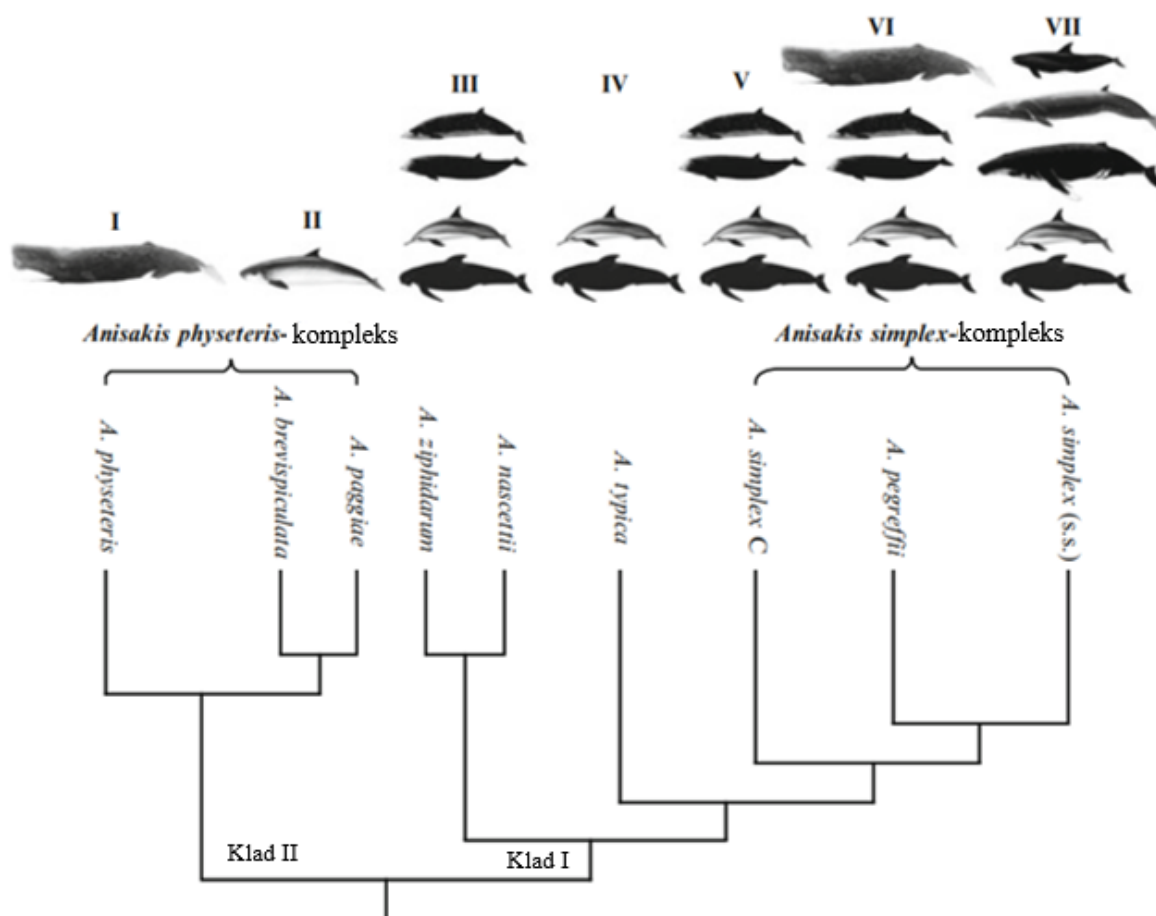
Za razliku od vrsta *A. simplex* kompleksa, vrsta *A. typica* najraširenija je u tropskim i subtropskim vodama između 45° sjeverne geografske širine i 25° južne geografske širine. Ova vrsta najčešći je parazit vrsta dupina koji obitavaju u plitkim, obalnim toplim vodama (Kuhn i sur., 2011).

Distribucija sestrinskih vrsta *A. ziphidarum* i *A. nascettii* se podudaraju (Slika 24). Obje vrste rasprostranjene su u istočnom Atlantskom oceanu u blizini Madeire i obale Maroka, u zapadnom Tihom oceanu između Novog Zelanda i južne Australije tu uz južnu Afriku, a distribucija vrste *A. ziphidarum* proteže se i do zapadnog dijela Atlantskog oceana. Obje vrste kao preferencijalne domaćine biraju porodicu kljunastih kitova, lat. *Ziphiidae* (Kuhn i sur., 2011).

Vrste *A. physteris* kompleksa (*A. paggiae*, *A. physteris*, *A. brevispiculata*) kompleksa imaju sličnu distribuciju u središnjem Atlantiku (Slika 24). Ove vrste parazitiraju u probavnom sustavu natporodice ulješura. Vrsta *A. physteris* napada vrstu *Physeter macrocephalus*, a sve tri vrste sklone su parazitiranju u porodici *Kogiidae*, odnosno kod malih i patuljastih ulješura. Sve tri vrste kitova obitavaju u središnjem Atlantskom oceanu. Žive na velikim dubinama tropskih mora, a hrane se uglavnom glavonošcima, rjeđe dubokomorskim ribama na dubini 500-1200 metara (Kuhn i sur., 2011).

4. KITOVI ZUBANI I *Anisakis* spp.

Većina vrsta roda *Anisakis* identificirana je iz kitova zubana, posebno porodica *Delphinidae* i *Ziphiidae*. Filogenetsko stablo roda *Anisakis* zajedno s najčešćim krajnjim domaćinima prikazano je na Slici 25. Vrsta *A. typica* ograničena je u tropskim i suptropskim vodama jer parazitira samo kod jedne vrste iz porodice *Pontoporidae*. *A. ziphidarum* i *A. nascettii* do sada su uočeni kao paraziti samo u porodici *Ziphiidae*. Vrste *A. simplex* kompleksa najčešće zaražuju vrste kitova zubana, ali poznato je i nekoliko slučajeva zaraze kitova usana. *A. simplex* (s.s.) parazitiraju u oceanskim kitovima porodica *Delphinidae*, *Monodontidae*, *Phocoenidae* i *Balenopteridae* uglavnom u području sjevernog Atlantskog oceana, te u Tihom oceanu. *A. pegreffii* napada vrste porodice *Delphinidae*, a uz njih, napada i vrste porodica *Ziphiidae*, *Physteridae* i *Neobalaenidae* u cijelom Atlantskom oceanu i Sredozemnom moru, ali ga se pronalazi i u vodama oko Australije. *A. simplex* C rasprostranjen je u vodama južne polutke te u sjevernom Tihom oceanu. Vrste *A. physteris* kompleksa paraziti su specifični za porodice *Kogiidae* i *Physteridae*. Vrste *A. brevispiculata* i *A. paggiae* zabilježeni su kod malih i patuljastih ulješura koji obitavaju u vodama srednjeg i južnog Atlantskog oceana, a kozmopolitska vrsta *A. physteris* kao krajnjeg domaćina koristi ulješuru (Klimpel i Palm, 2011).



Slika 25. Krajnji domaći prvog i drugog klada *Anisakis* spp. (I *Physeteridae*; II *Kogiidae*; III *Ziphiidae*, *Delphinidae*; IV *Delphinidae*; V *Ziphiidae*, *Delphinidae*; VI *Physeteridae*, *Ziphiidae*, *Neobalaenidae*, *Delphinidae*; VII *Phocoenidae*, *Balaenopteridae*, *Monodontidae*, *Delphinidae*) (Klimpel i Palm, 2011).

Pojedine vrste roda *Anisakis* ovisno o preferenci prema krajnjem i ostalim domaćinima imaju različitu distribuciju koja je posljedica u koadaptaciji i koevoluciji parazita i domaćina, ali i kompeticiji između vrsta. Ovakvi odnosi mogu rezultirati smanjenjem broja potencijalnih domaćina ili promovirati korištenje različitih resursa u pojedinom domaćinu (Mattiucci i sur., 2018).

Vrste *A. simplex* (s.s.), *A. pegreffii*, i *A. berlandi* paraziti su porodica *Delphinidae*, *Monodontidae* i *Phocoenidae* u svim svjetskim morima i smatraju se jedinim parazitima roda *Anisakis* koji parazitiraju u ovim porodicama. U različitim geografskim prostorima, ove tri vrste parazita koriste iste vrste oceanskih kitova kao krajnjeg domaćina. Često se pojavljuju

zajedno u istom domaćinu gdje se preklapaju geografske rasprostranjenosti parazita. Ovo je bio slučaj kod nasukavanja *Delphinus delphis*, *G. melas*, *S. coeruleoalba*, *Phocoena phocoena* i *T. truncatus* na Pirinejskom poluotoku gdje su u tijelima nasukanih kitova našli prisutne i *A. simplex* (s.s.) i *A. pegreffii*. Pirinejski poluotok smatra se simpatričnim¹¹ područjem *A. simplex* (s.s.) i *A. pegreffii*. U sjeveroistočnom Tihom oceanu kod crnog dupina (*Pseudorca crassidens*) zabilježena je koinfekcija vrstama *A. simplex* (s.s.) i *A. berlandi*. To područje je simpatričko područje za te dvije vrste. Preklapajuće područje za *A. pegreffii* i *A. berlandi* je južni Tih ocean gdje je kod bjeloglog dupina (*Globicephala melas*) zabilježena zaraza tim dvjema vrstama parazita (Mattiucci i sur., 2018).

Kod crnog dupina utvrđene su zaraze svim trima vrstama *A. simplex* kompleksa. Kod iste jedinke *G. melas* u južnom Pacifiku pronađene su vrste *A. pegreffii* i *A. berlandi*, dok su kod iste jedinke *G. melas* u Atlantiku oko Španjolske pronađeni *A. simplex* (s.s.) i *A. pegreffii*. Zbog tih nalaza predloženo je postojanje dvije podvrste ovog kita, gdje *G. melas melas* nastanjuje vode oko Boreala (sjeverna Europa), dok se podvrsta *G. melas edwardii* nalazi u vodama oko Australije. Pojava *A. simplex* (s.s.) kod jedinki roda *Globicephala* oko Boreala, te pojava *A. berlandi* kod australskih jedinki podupiru tu hipotezu. Korištenje *Anisakis* spp. za razjašnjavanje ruta migracija te struktura populacija krajnjih domaćina predstavlja obećavajuće područje (Mattiucci i sur., 2018).

Neke vrste koje pripadaju u natporodicu oceanskih dupina, kao vrste roda *Sotalia*, npr. *Stenella attenuata*, *Stenella clymene*, *Peponocephala electra* i *Steno bredanensis*, nastanjuju tropska i topla mora niskih geografskih širina i krajnji su domaćin vrste *A. typica*. Ovoj vrsti parazita potrebna je toplija voda pa stoga vrste u kojima parazitira obitavaju u tropskim i suptropskim te umjerenim regijama Atlantskog, Tihog i Indijskog oceana. Također, i vrste *T. truncatus* i *A. coeruleoalba*, koje su krajnji domaćini vrsta *A. simplex* (s.s.) i *A. pegreffii*, mogu se zaraziti i vrstom *A. typica* ukoliko dođu u tople vode kao što su Sredozemno more i Meksički zaljev (Mattiucci i sur., 2018).

¹¹ Simpatrija – (eng. sympatry) korištenje istog geografskog prostora od strane srodnih populacija, ali bez međusobnog razmnožavanja (<https://www.merriam-webster.com/dictionary/sympatric> 31.08.2020.)

Kitovi natporodice ulješura, *P. macrocephalus*, *K. breviceps* i *K. sima* krajnji su domaćini vrsta *A. physeteris* kompleksa. Vrsta *A. physeteris* parazitira u tijelu *P. macrocephalus*, dok vrste *A. brevispiculata* i *A. paggiae* paraziti su u *K. breviceps* i *K. sima*. Ove vrste kitova za prehranu se oslanjaju uglavnom na mezopelagičke lignje koje žive u otvorenim vodama Tihog i Atlantskog oceana. Rijetka pojava ličinki *A. physetris* u ribama ukazuje na to da ova vrsta za životni ciklus koristi lignje umjesto riba. Ovu tezu potvrđuje nalaz nasukane ulješure na obali jugoistočne Italije u kojoj su pronađene stotine odraslih jedinki parazita, a želudac je bio pun kljunova porodice lignji *Histioteuthidae*. Slično tom nalazu, na obali Grčke pronađen je kit koji je u želucu imao preko 30 000 kljunova 12 različitih vrsta lignji od kojih sve nastanjuju Sredozemno more. Također su ličinke *A. physeteris* pronađene u vrsti mali lignjun (*Illex coindetii*) koja nastanjuje španjolsku obalu Mediterana. Svi ovi nalazi dokazuju da vrsta *A. physeteris* može cijeli životni ciklus završiti u Sredozemnom moru, koristeći se populacijom *P. macrocephala* iz Mediterana (Mattiucci i sur., 2018).

Kljunasti kitovi su krajnji domaćini vrsta *A. ziphidarum* i *A. nascettii*. Vrsta *A. nascettii* pronađena je u nekoliko vrsta kljunastih kitova roda *Mesoplodon*, dok je vrsta *A. ziphidarum* do sada kao parazit otkrivena samo kod Cuvierovog kljunastog kita. Cuvierov kljunasti kit jedina je vrsta kljunastih kitova koja se pojavljuje u Mediteranu, no ona ima kozmopolitsku distribuciju u svim oceanima, uz izuzetak polarnih prostora obje polutke. Proučavanje staništa *Z. cavirostris* u Sredozemnom moru potvrdila je da vrsta preferira dubokomorska staništa (>200 m dubine) i uglavnom se hrane dubokomorskim lignjama koje tu obitavaju. Vrlo je mali broj ličinki *A. ziphidarum* pronađen u uzorcima ribe koji su uzeti iz područja gdje se pojavljuju krajnji domaćini. Ličinke *A. ziphidarum* genetski su identificirane samo kod nekih pridnenih riba kao što su oslić (*Merluccius merluccius*) i zmijičnjak repaš (*Lepidopus caudatus*) iz Alboranskog, i oslić iz Jadranskog mora. Iako je pojava Cuvierovog kljunastog kita u Mediteranu rijetka, a ličinke *A. ziphidarum* rijetko se nalaze u ribama, životni ciklus ove vrste parazita može se održati u Sredozemnom moru (Mattiucci i sur., 2018).

Klimpel i suradnici su 2004. godine proveli istraživanje populacije *A. simplex* koja nastanjuje duboke predjele Norveškog mora te su zaključili da je *P. phocoena* važan konačni domaćin za tu populaciju jer su u istraživanju otkrili visoki stupanj zaraze ove vrste

parazitom. U istraživanjima koja su prethodila ovom otkriveno je da se obalni dupini u tom području hrane pretežno malim vrstama riba koje se skupljaju u velika jata. U sjevernom Atlantiku pretežno se hrane se haringama i bakalarkama. U sjevernim predjelima kao što su duboko Norveško more i Skagerrak¹² te u sjevernom Zaljevu sv. Lovrijenca¹³, umjesto haringama, hrane se vrstama *Maurolicius muelleri* i *Mallotus villosus*. Sve nabrojane vrste riba kojima se hrane pliskavice čest su intermedijarni domaćin u razvoju pripadnika *Anisakis* spp. te samim time obalni dupini bivaju zaraženi u velikom broju (Klimpel i sur., 2004).

Vrste kitova *Globicephala melas*, *Lagenorhynchus albirostris* i *Tursiops truncatus* predstavljaju migratorne domaćine koji se pojavljuju u vodama Norveškog mora, posebno u ljetnom periodu. Zbog svojih migracija imaju važnu ulogu u prenošenju populacije *A. simplex* iz dubokih voda Norveškog mora u ostale predjele sjevernog Atlantskog oceana (Klimpel i sur., 2004).

4.1. POPULACIJA *Anisakis* spp. U JADRANSKOM MORU

2014. godine provedena je studija kako bi se utvrdile karakteristike populacije roda *Anisakis* u probavnom sustavu nasukanih krajnjih domaćina u periodu od 1990. do 2012. godine. Također je u studiji utvrđena genetska struktura *Anisakis* spp. koji parazitira u jadranskoj populaciji kitova kako bi se bolje razumjela ekologija i migracijske osobine tih kitova, a posljedično i kako bi se unaprijedila zaštita njihovih populacija koje su u opadanju (Blažeković i sur., 2015).

Paraziti su izolirani iz očuvanih probavnih sustava nasukanih kitova zubana na hrvatskoj obali Jadranskog mora u periodu 1990.-2012. Ukupno je obrađen 181 kit, među kojima je bilo 35 dobrih dupina (*T. truncatus*), 13 prugastih dupina (*S. coeruleoalba*), 3 rissova dupina (*G. griseus*) i jedan cuvierov kljunasti kit (*Z. cavirostris*). Za svakog kita utvrđeni su podatci o mjestu nasukavanja i datumu pronalaska te o vrsti, spolu, dobi, tjelesnoj masi i stadiju raspadnutosti prema unaprijed dogovorenim kategorijama: 1. svježe – nedavno uginuo

¹² Skagerrak - tjesnac između poluotoka Skandinavije i Jylland, odnosno Norveške i Švedske te Danske, a povezuje Sjeverno more s tjesnacem Kattegatom i Baltičkim morem (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Skagerrak> 31.08.2020.)

¹³ Zaljev sv. Lovre - (eng. Gulf of Saint Lawrence) je najveći estuarij na svijetu. Vode iz Velikih jezera i rijeke sv. Lovre se tu uljevaju u Atlantski ocean (https://hr.wikipedia.org/wiki/Zaljev_sv._Lovrijenca 31.08.2020.)

organica, nema znakova raspadanja (šifra F =fresh), 2. umjereno raspadnuto – napuhnutost, koža se počela guliti, organi su i dalje očuvani izuzev posmrtnih oštećenja (šifra MD =moderate decomposition), 3. uznapredovalo raspadanje – napuhnutost, koža se guli, organi raspadnuti do neprepoznatljivosti, kosti se naziru (šifra AD =advanced decomposition), 4. okamenjeni ili samo skeletalni ostatak (šifra M/SR =mummified/skeletal remains). Nematode pronađene u probavnom sustavu kitova su identificirane i pohranjene u 4% otopini formaldehida za morfološku analizu i 70% otopini alkohola za molekularnu identifikaciju. Morfološke karakteristike su analizirane pod mikroskopom i sve jedinke su svrstane u grupe prema životnom stadiju i spolu (Blažeković i sur., 2015).

Brojnost nametnika je istraživana na leševima pronađenim u hrvatskom dijelu Jadranskog mora od ožujka 2000. godine do travnja 2012. godine. Pri određivanju točnog broja jedinki oblića *Anisakis* spp. po pojedinom domaćinu korišteni su samo sadržaji želudaca za koje se sigurno zna da su u potpunosti sačuvani, što je rezultiralo uzorkom od 24 kita zubana. Nametnici su prema potrebi ručno izdvajani iz sadržaja želudaca fiksiranih u otopinama 4 do 10 % formalina, te brojani (Blažeković, 2013).

U 20 uzoraka je prebrojana svaka jedinka nametnika, a u 4 uzorka je ukupan broj nametnika određivan putem poduzoraka zbog vrlo velikog broja jedinki ($N > 6\ 000$). Prema uočenim morfološkim obilježjima pojedinog stadija nametnici su pri brojanju odvajani u 4 skupine: mužjaci, ženke, 3. stadij L3 (ličinke) i No (spolno nezreli odrasli i 4. stadij ličinke). Mužjaci i ženke odvajani su na temelju fizičkih opisa koje je dala Grabda u svom radu 1976. godine (Blažeković, 2013).

Pregledom probavnog sustava uginulih kitova, u zaraženih jedinki, oblići su nađeni najčešće u prvoj komori želuca (predželudac), zatim u drugoj komori (žljezdani dio želuca) i najrjeđe u trećoj i četvrtoj komori (pilorični dio želuca). U nekoliko slučajeva oblići su nađeni u jednjaku i početnom dijelu tankog crijeva, što vjerojatno predstavlja migraciju nametnika prema izlazu iz tijela domaćina nakon njegove smrti (Blažeković, 2013).

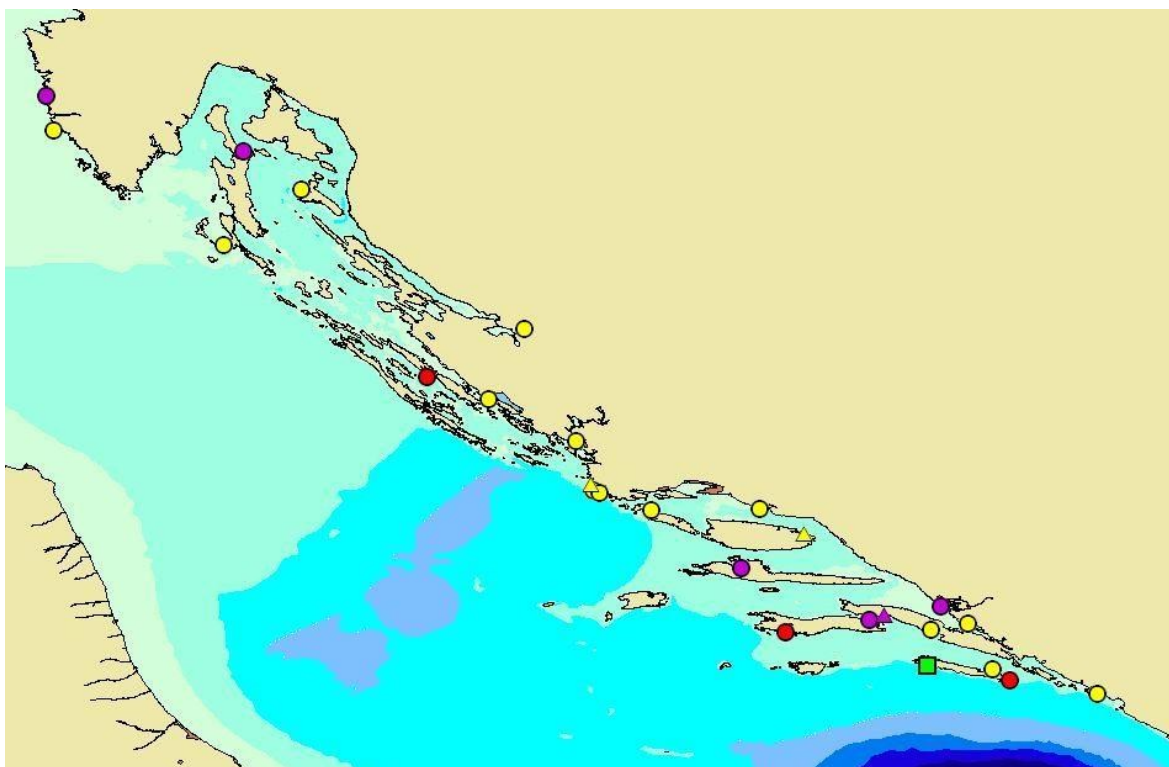
Pregledom kitova u vrlo kratkom razdoblju od uginuća, u zaraženih jedinki oblići su bili živi i vrlo vijabilni i do 96 sati od uginuća domaćina. Pregledom želudaca zaraženih kitova u 71% slučajeva su uz prisutne oblice nađene i erozije u sluznici želuca u kojima se najčešće

držala skupina nametnika (Slika 26. 1). U nekoliko dupina erozije su nađene i u sluznici jednjaka (Slika 26. 2). Statistički značajna razlika ($p=0,04$, 95 % interval pouzdanosti 1,18 % do 48,42 %) je utvrđena između postotka zaraženih plavo-bijelih dupina s erozijama želuca (92,31 %) i zaraženih dobrih dupina kojima su uz obliće utvrđene i erozije sluznice želuca (61,76 %) (Blažeković, 2013).



Slika 26. 1- Fotografija erozije u kutanoj sluznici 1. komore želuca dobrog dupina (*T. truncatus*) i oblića *Anisakis* spp. izoliranih iz erozije; 2- Fotografija erozija u sluznici jednjaka (tamne mrlje u ružičastom dijelu tkiva) (Blažeković, 2013).

Rezultati usporedbe nukleotidnih slijedova 153 istraživane sekvence s poznatim sekvencama u banci gena, pomoću BLASTn alata, ukazali su na postojanje tri vrste roda *Anisakis* u Jadranskom moru. Najveći broj oblića (148), odnosno 96,73 % uzoraka, pripadalo je vrsti *Anisakis pegreffii*, koja je već ranije utvrđena na ovom području molekularnim metodama. Vrste *A. simplex* i *A. physeteris* su ovim istraživanjem prvi puta identificirane na području Jadranskog mora. Zastupljenost oblića *A. simplex* je iznosila 1,96 % (N=3), a vrste *A. physeteris* 1,31 % (N=2). Vrste i zemljopisni položaj leševa kitova zubana iz kojih su molekularno identificirane vrste roda *Anisakis* prikazan je na Slici 27. Analizom sastava vrsta oblića prema pojedinoj vrsti domaćina utvrđena je miješana infekcija u dobrih dupina (*A. pegreffii* 97,44 % i *A. simplex* 2,56 %), plavobijelih dupina (*A. pegreffii* 97,62 % i *A. simplex* 2,38 %) i krupnozubog dupina (*A. pegreffii* 75 % i *A. physeteris* 25 %), dok su glavati dupini bili zaraženi jednom vrstom (*A. pegreffii* 100%) (Blažeković, 2013).

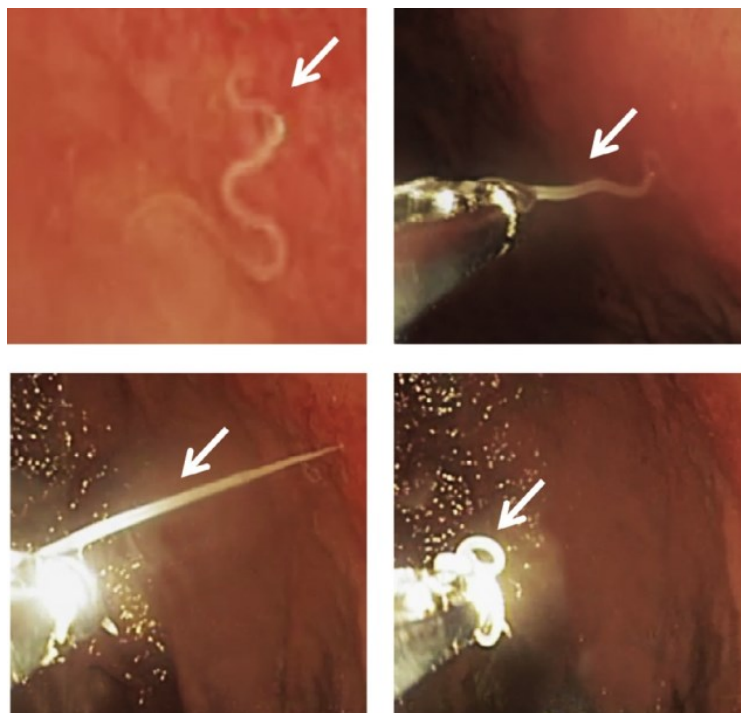


Slika 27. Geografska karta Jadranskog mora s označenim lokacijama nasukavanja kitova zubana iz kojih su molekularno identificirane vrste roda *Anisakis* u periodu od listopada 1990. do kolovoza 2011. godine. Različitim bojama naznačene su različite vrste kitova: crvena – Rissov kit (*Grampus griseus*), ljubičasta – prugasti kit (*Stenella coeruleoalba*), žuta – dobri dupin (*Tursiops truncatus*), zelena – Cuvierov kljunasti kit (*Ziphius cavirostris*). Oblik simbola predstavlja vrstu parazita: krug – *A. pegreffii*, trokut – *A. pegreffii*+*A. simplex*, kvadrat – *A. pegreffii*+*A. physteris* (Blažeković, 2013).

5. OPASNOST RODA *Anisakis* ZA LJUDSKO ZDRAVLJE

Više od 1 milijarde ljudi u svijetu zaraženo je nekom vrstom gastrointestinalnih parazita iz koljena Nematoda koje uzrokuju različite tegobe koje mogu imati lakše posljedice na organizam, ali mogu biti i letalne. Najčešći uzročnik zaraza je vrsta *A. simplex*. Zaraze vrstama *A. physteris* i *Contracaecum* spp. prijavljene su svega nekoliko puta (Audicana i Kennedy, 2008). Ljudi postaju slučajni domaćini unošenjem parazita koji se nalazi u sirovoj ili termički nedovoljno obrađenoj ribi (Sakanari i McKerrow, 1989). Brojna riblja jela

pripadaju na listu visokorizičnih za anisakijazu, uključujući japanski sushi i sashimi, filipinski bagoong, nizozemske zasoljene ili dimljene haringe, nordijski gravlax, havajski lomi losos i palu, ceviche iz Južne Amerike i španjolski ukiseljeni inćuni. Priprema ovih jela uključuje metode¹⁴ koje su uglavnom sterilizirajuće za ostale patogene iz hrane, ali ne i za pripadnike porodice Anisakidae (Audicana i Kennedy, 2008).



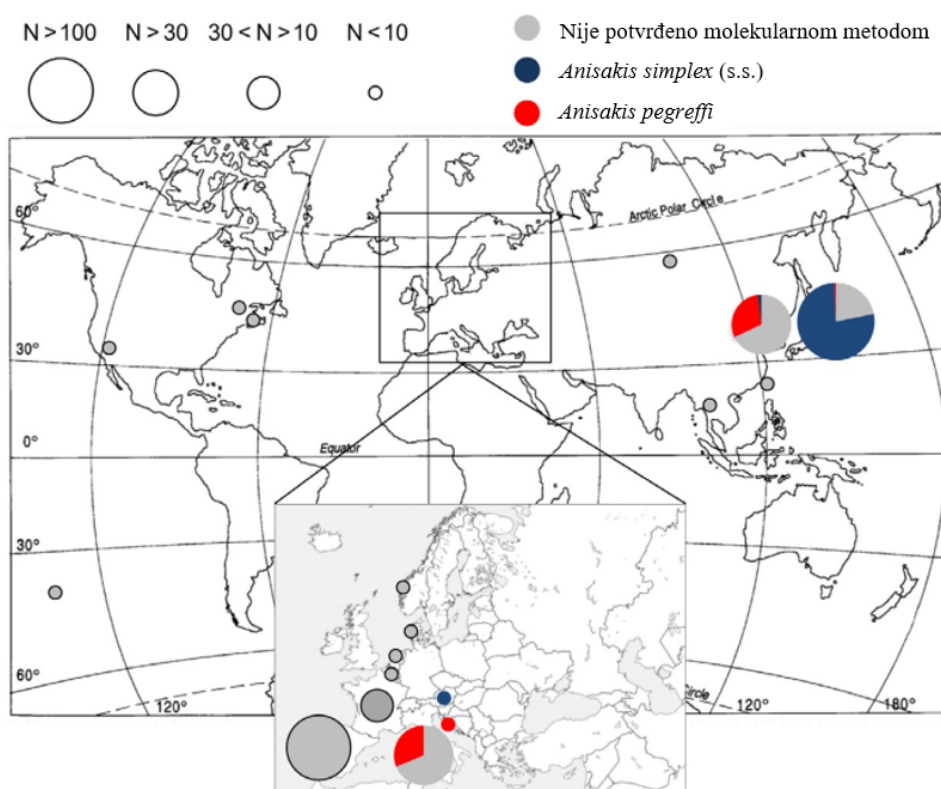
Slika 28. Koraci uklanjanja ličinke *Anisakis* spp. iz sluznice želuca čovjeka kliještima za biopsiju. Strelice upućuju na ličinku tijekom uklanjanja (Mattiucci i sur., 2018).

Nekoliko je metoda koje garantiraju sigurnost proizvoda i sprječavaju zarazu živom ličinkom. Među njima su: kuhanje ili dimljenje ribe na temperaturi 60°C barem 1 minutu, zagrijavanje proizvoda barem 15 sekundi na 74°C u mikrovalnoj pećnici, smrzavanje na temperature ispod -20°C barem 24 sata. U nekim istraživanjima provedenim u SAD-u, jedinke *A. simplex* su preživjele temperature -20°C kraće periode pa je preporuka FDA¹⁵ dugotrajno smrzavanje na temperature ispod -20°C barem 7 dana ili brzo smrzavanje na -35°C ili niže barem 15 sati. Ovakve preventivne mjere prihvaćene su u ribljoj industriji kao dio HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) sustava (Audicana i Kennedy, 2008).

¹⁴ Metode za sterilizaciju hrane – soljenje, mariniranje, kiseljenje, dimljenje na 40°C, itd.

¹⁵ FDA – Food and Drug Administration (Američka Agencija za Hranu i Lijekove)

Prvi slučaj zaraze parazitom iz porodice Anisakidae zabilježio je prije 50 godina nizozemac Van Thiel. Opisao je prisutnost morskog oblića u središtu eozinofilnog crijevnog flegmona pacijenta. Kasnije je parazit identificirana kao pripadnik roda *Anisakis*. Od tada, većina slučajeva zaraze vezana je uz Japan, što odražava njihovu čestu uporabu sirove ribe u prehrani. Slučajevi zaraze prijavljeni su na 5 kontinenata: Azija (Koreja), Europa (Nizozemska, Francuska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Španjolska, Njemačka, Italija), Afrika (Egipat), obje Amerike (SAD, uključujući Aljasku i Havaje te zemlje Južne Amerike) te na Novom Zelandu (Audicana i Kennedy, 2008).



Slika 29. Mapa svijeta s naznačenim slučajima anisakijaze, temeljeno na objavljenim istraživanjima 1960.-2017. godine. N je broj slučajeva zaraze, a kružni grafovi odražavaju relativni odnos slučajeva zaraze uzrokovanih s dvije najčešće vrste koje uzrokuju zoonozu (*A. simplex* (s.s.) i *A. pegreffii*) (Mattiucci i sur., 2018).

Od 1960-tih se koristi izraz anisakijaza za ljudsku zarazu ličinkom trećeg stadija (L₃) vrstama roda *Anisakis*, ali i ostalim vrstama iz porodice Anisakidae. 1988. godine grupa znanstvenika uvela je tri termina koja se koriste za zaraze uzrokovane različitim vrstama: anisakijadoza za oboljenja uzrokovana svim pripadnicima porodice Anisakidae, anisakijaza

za oboljenja uzrokovana pripadnicima roda *Anisakis* i pseudoterranijaza za bolesti uzrokovane pripadnicima roda *Pseudoterranova* (Audicana i Kennedy, 2008).

Živa infektivna ličinka koja se nalazi u tkivu ribe ili glavonošca ulazi u čovjekov organizam i uzrokuje zoonozu¹⁶. Čovjek se može zaraziti s ličinkom u trećoj fazi (L₃) koja se nalazi u tkivu ribe i tu je stala s razvojem dok ne dođe u povoljni medij, odnosno probavni sustav kitova zubana. U ljudskom organizmu može doći do daljnjeg razvoja i presvlačenja u ličinku četvrtog stadija (L₄), ali samo u iznimnim slučajevima dolazi do sazrijevanja u odraslu jedinku koja nije spolno zrela (Kliks, 1986).

Ovisno o mjestu u gastrointestinalnom sustavu čovjeka gdje se ličinka smjesti razlikujemo: gastritičnu anisakijazu (GA), crijevnu (intestinalnu) anisakijazu (IA), etiopisku anisakijazu (EA) i gastro-alergijsku anisakijazu (GAA). S kliničkog stajališta, ovisno o stanju ličinke koja je uzrokovala zarazu, anisakijaza može biti akutna ili umjerena te invazivna ili neinvazivna. Neinvazivni oblik se pojavljuje kada ličinka nije u mogućnosti prodrijeti u želučanu ili crijevnu sluznicu pa ostaje u lumenu. U tom slučaju zaražena osoba može biti bez simptoma, a ličinku izbacuje putem stolice ili povraćanjem. Invazivni oblik karakteriziran je s dva koraka: 1. parazit za zakači za sluznicu crijeva ili želuca i 2. aktivno probijanje ličinke u tkiva gastrointestinalnog sustava. U slučaju invazivne anisakijaze, pojavljuju se ozbiljni simptomi kao što su epigastralgija, mučnina, povraćanje i bol u trbuhu. Kronična anisakijaza dogodi se kada ličinka prodre duboko u tkivo želučanog i crijevnog zida i uzrokuje oštećenja u tkivu, čireve i eozinofilni granulom (Mattiucci i sur., 2018).

6. ZAKLJUČAK

Klimatske promjene mijenjaju svjetske oceane tako što se diže temperatura i kiselost morske vode te se mijenjaju atmosferska i oceanska cirkulacija što utječe na biogeografiju i raznolikost vodenih staništa (Klimpel i Palm, 2011).

¹⁶ Zoonoza (grč. zoon=životinja, nosos=bolest) – skupina zaraznih bolesti, zajedničkih ljudima i pojedinim životinjskim vrstama, koje se mogu prenositi sa životinja na ljude i obratno. Uzročnici zoonoza se prvenstveno nalaze među životinjama, ali se pod određenim okolnostima mogu prenijeti i na čovjeka. Izvor širenja zoonoza mogu biti i domaće i divlje životinje (<https://www.hah.hr/potrosacki-kutak/zoonoze/> 18.08.2020.)

Riblji paraziti mogu se koristiti kao bioindikatori klimatskih promjena. Oceanski i udaljeni ekosustavi kao što su središnji Tihi ocean, srednji Atlantik, Arktički i Južni ocean najbolji su kandidati za proučavanje utjecaja klimatskih promjena na populaciju morskih parazita. Ova područja manje su pod direktnim utjecajem antropogenih aktivnosti kao što su unošenje vrsta, zagađenje i sezonske migracije pa utjecaj dolazi više do izražaja (Klimpel i Palm, 2011).

Red nematoda *Ascaridida* s ličinkama trakavica i kukaša su korisni bioindikatori brojnosti domaćina. Posebno porodica *Anisakidae* zbog svoje prisutnosti u svim morima i ovisnosti o dostupnosti konačnih domaćina (veliki morski sisavci) ima potencijal za indikaciju klimatskih promjena na većoj skali. Zagrijavanje obalnih voda rezultirat će time da veći broj pelagičkih riba prati tople struje prema sjevernim morima što će rezultirat povećanjem broja zaraženih riba vrstama *Anisakis* spp. Drugi utjecaji su generalno seljenje domaćina u nove predjele te introdukcija parazita u dijelove gdje parazit prije nije boravio (Klimpel i Palm, 2011).

Klimatske promjene mogu imati direktan utjecaj na parazitske vrste, ali i indirektan preko promjena u distribuciji i brojnosti njihovih intermedijarnih, parateničnih i krajnjih domaćina. Otapanje ledenih kapa sjevernih i južnih staništa utjecat će na brojnost populacija polarnih tuljana i kitova, a time i njihovih parazita. Povećanjem površinske temperature mora u sjevernom Arktiku smanjit će populaciju tuljana i smanjiti broj konačnih domaćina te će posljedično pasti brojnost parazita u ribama. S druge strane, otapanje leda znači da se povećava površina pod vodom, koja će omogućiti kitovima migracije u područja koja su do tada bila pokrivena ledom pa će se proširiti i populacija parazita. Više temperature vode na Antarktiku dovest će do povećanje brojnosti roda *Anisakis*. Ove promjene također će imati utjecaj i na zoonotički potencijal ovih parazita. Veća brojnost *A. simplex* (s.s.) u ribama sjevernog Atlantika i Pacifika rezultirat će povećanim prijenosom parazita na ljude i uzrokovati veći broj zaraza kod ljudi (Klimpel i Palm, 2011).

7. LITERATURA

Armfield, B.A., Zheng Z, Bajpai S, Vinyard C, Thewissen J., 2013., Development and evolution of the unique cetacean dentition. *PeerJ* 1:e24 <https://doi.org/10.7717/peerj.24>

Audicana M. T., del Pozo M. D., Iglesias R., Ubeira F., 2003, *Anisakis simplex* and *Pseudoterranova decipiens*. U: Learmonth R, Milliotis MD. (urd.), International handbook of foodborne pathogens, 1st ed. Marcel Dekker Inc., New York, str. 613- 636.

Audicana M. T., Kennedy M. W., 2008, *Anisakis simplex*: from Obscure Infectious Worm to Inducer of Immune Hypersensitivity, *Clinical Microbiology Reviews*, 21(2)

Berland B., 1961, Nematodes from some Norwegian marine fishes, *Sarsia*, 2:1, 1-50

Berta A., Sumich J. L., Kovacs K. M., 2015, Marine Mammals, Evolutionary Biology, Third edition, Publisher: Academic Press, Elsevier Inc., 422

Blažeković K., 2013 Genetska Struktura i Populacijska Dinamika Oblića *Anisakis* Spp. Izoliranih iz Kitova Zubana (*Odontoceti*) Jadranskog Mora, Diplomski Rad

Blažeković K., Lepen Pleić I., Đuras M, Gomerčić T., Mladineo I., 2015, Three *Anisakis* spp. isolated from toothed whales stranded along the eastern Adriatic Sea coast, *International Journal for Parasitology*, 45(1)

Burnie D., 2001, Životinje, Velika ilustrirana enciklopedija Životinja, Publisher: Dorling Kindersley Limited, London; Nakladnik: Marijan Grošelj, (167-173)

Carwardine M., 1998, Whales and Dolphins, Publisher: Collins Gem

Castro P., Huber M. E., 2005, Marine Biology, Fifth edition, Publisher: McGraw-Hill Publishing Company

Ćurlin P, 2018, Biologija kitova zubana, podred *Odonoticei*, Završni rad

Davey J. T., 1971, A Revision of the Genus *Anisakis* Djuradin, 1845 (Nematoda: *Ascaridata*), *Journal of Helminthology*, 45 (1)

Dimery R., 2019, The animal from which great whites flee: 5 killer records held by orcas, Guinness world records

Ducarme F., Luque G. M., Courchamp F., 2012, What are „Charismatic species“ for conservation biologist?

Ergović G., Ergović Z., 2019, Ronilac s jednom zvjezdicom, Hrvatski ronilački savez

Fields R. D., 2008, Are Whales Smarter Than We Are, Scientific American

Gingerich P. D., 2012, Evolution of Whales from Land to Sea, Proceedings of the American Philosophical Society, September 2012, 156 (309-323)

Grabda J., 1976, Studies on the life cycle and morphogenesis of *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809) (Nematoda: *Anisakidae*) cultured *in-vitro*, Acta Ichtiologica et Piscatoria, 5(1)

Hogenboom M., 2016, Why killer whales should not be kept in captivity, BBC

Hunt K., 2020, We finally know why narwals have tusks (Hint: It has to do with sex), CNN

Kliks MM.1986. Human anisakiasis: an update, The Journal of the American Medical Association, 255: 2605.

Klimpel S., Palm H. W., 2011, Anisakid Nematode (Ascaridoidea) Life Cycles and Distribution: Increasing Zoonotic Potential in the Time of Climate Change?, Progress in Parasitology

Klimpel S., Palm H. W., Rückert S., Piatkowski U., 2004, The life cycle of *Anisakis simplex* in the Norwegian Deep (northern North Sea), Parasitology Research, 94

Konstantinides A., 2020., A beluha whale gave birth at an aquarium and photos showing the mom with her newborn calf will brighten your day, Insider

Kucala R., 2017, The evolution of toothed whales (Restored)

Kuhn T., Garcia-Marquez J., Klimpel S., 2011, Adaptive Radiation within Marine Anisakid Nematodes: A Zoogeographical Modeling of Cosmopolitan, Zoonotic Parasites

Liwang J., 2020, Nanjing traffic construction makes way for endangered Yangtze finless porpoise, Xinhuanet

Marrero M. E., Thornton S., 2011, Big Fish: A Brief History of Whaling, National Geographic

Mattiucci S, Cipriani P, Levsen A, Paoletti M, Nascetti G., 2018, Molecular Epidemiology of *Anisakis* and Anisakiasis: An Ecological and Evolutionary Road Map. *Adv Parasitol.*;99:93-263. doi:10.1016/bs.apar.2017.12.001

Mattiucci S, Nascetti G., 2008, Advances and trends in the molecular systematics of anisakid nematodes, with implications for their evolutionary ecology and host-parasite co-evolutionary processes. *Adv Parasitol*;66:47-148. doi:10.1016/S0065-308X(08)00202-9

Mattiucci S., D'Amelio S., 2014, Chapter 11, Helminth Infections and their Impact on Global Public Health, pp. 325-365, DOI:10.1007/978-3-7091-1782-8_11

Myers B. J., 1976, Then and Now on Anisakidae Nematodes, Transactions of the American Microscopical Society, 95(2)

Norman J. R., Fraser F. C., 1949, Field Book of Giant Fishes, Publisher: Nature Fields Book, 340

Ocket J., 2019, Cetaceans in captivity

Pascual S., Abollo E., 2005, Whaleworms as a tag to map zones of heavy-metal pollution, Trends in Parasitology 21 (5)

Perrin W. F., Würsig B., Thewissen J. G. M., 2008, Encyclopedia of Marine Mammals, Second edition, Publisher: Academic Press, Elsevier Inc.

Pittman R., 2009, Gray's spinner dolphins (*Stenella longirostris*), WoRMS Photogallery

Ponganis P. J., Kooyman G. L., 2006, How do deep-diving sea creatures withstand huge pressure changes?, Scientific American

Public Library of Science, 2017, Two beaked whale species take very long, deep dives for their size

Roth G., Dicke U., 2005, Evolution of brain and intelligence, Trend sin Cognitive Sciences, 9(5)

Sakanari J. A., McKerrow J. H., 1989, Anisakiakiis, Clinical Microbiology Rvwviews, 2(3)

Scarff J., 2010 Northern Right Whale Dolphin, Flickr

Smith J. W., Wootten R., 1978, *Anisakis* and Anisakiakias, *Advances in Parasitology*, 16:93-163

Woo P. T. K., Buchmann K., 2013, Fish parasites: Pathobiology and Protection, *Journal of Fish Biology*, 82

Wu T., 2010, Baby sperm whale, Tony Wu Blog

Wu T., 2016, Dolphin days, Tony Wu Blog

Würsig B., Thewissen J. G. M., Kovacs K. M., 2017, *Encyclopedia of Marine Mammals*, Third edition, Publisher: Academic Press, Elsevier Inc., (1177-1178)

8. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Završni rad

Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

Kitovi zubani kao prijenosnici nematoda roda *Anisakis*

MARINA METIĆ

SAŽETAK

Kitovi zubani (lat. *Odontoceti*) jedan su od dva podreda kitova (lat. *Cetacea*) koji obuhvaća devet porodica. To su morski sisavci koji su se u potpunosti prilagodili na život u moru i cijeli životni ciklus, uključujući razmnožavanje i podizanje mladih odvija se u vodi. Kao i svi drugi živi organizmi, kitovi zubani podležni su zarazama različitih vrsta patogena, među kojima su i nematode roda *Anisakis*. *Anisakis* spp. rod je koljena Nematoda koji parazitiraju u gastrointestinalnom sustavu morskih sisavaca. To su paraziti koji imaju složen životni ciklus koji uključuje nekoliko parateničnih i intermedijarnih domaćina prije nego dospije u probavni sustav krajnjih domaćina – morskih sisavaca, uključujući i kitove zubane. Pojedine vrste parazita prilagodile su svoj životni ciklus odabranom krajnjem domaćinu, pa se tako geografska rasprostranjenost kitova zubana poklapa s geografskom rasprostranjenosti parazita koji ga napada. Konzumacijom termički nedovoljno obrađene ribe i čovjek može postati domaćin. Vrste *Anisakis* spp. ne mogu završiti svoj životni ciklus u tijelu čovjeka, ali mogu izazvati razne teže ili lakše zdravstvene tegobe. Antropogene aktivnosti koje utječu na klimatske uvjete na Zemlji, za posljedicu imaju i različite promjene na uvjete u moru koje uzrokuju promjene u strukturi i distribuciji kako kitova, tako i njihovih nametnika.

Ključne riječi: kitovi (lat. *Cetacea*), kitovi zubani (lat. *Odontoceti*), Nematoda, *Anisakis* Djuardin 1845

Mentor: izv. prof. dr. sc. Romina Kraus

Ocjenjivači: doc. dr .sc. Paolo Paliaga

izv. prof. dr. sc. Romina Kraus

prof. dr. sc. Nevenka Bihari

9. BASIC DOCUMENTATION CARD

Juraj Dobrila University of Pula

Bachelor thesis

University Undergraduate Study Programme – Marine Sciences

Toothed whales as carriers of nematodes genus *Anisakis*

MARINA METIĆ

ABSTRACT

Toothed whales (lat. *Odontoceti*) are one of the two subgenera of whales (lat. *Cetacea*) that consists of nine families. Those are marine mammals that have completely adapted their life cycle to sea, including breeding and raising offspring. Like any other living organism, they are susceptible to infections by different types of pathogens, one of which are genus of nematodes *Anisakis*. *Anisakis* spp. belongs to phylum Nematoda and they are gastrointestinal parasites of marine mammals. They have complex life cycle that includes several paratenic and intermediate hosts before getting to final host, marine mammals, including toothed whales. Some species of parasites have adapted their life cycle to certain final host, so geographical distribution of parasites is compatible with geographical distribution of toothed whales. Consumption of raw or undercooked fish meat can lead to human *Anisakis* infection. *Anisakis* spp. species cannot finish their life cycle in humans, but they can cause more or less severe health issues. Anthropogenic activities that affect the climate on Earth also result in various changes in conditions in sea that cause changes in structure and distribution of both whales and their parasites.

Key words: whales (*Cetacea*), toothed whales (*Odontoceti*), Nematoda, *Anisakis* Djuardin 1845

Supervisor: izv. prof. dr. sc. Romina Kraus

Reviewers: doc. dr .sc. Paolo Paliaga

izv. prof. dr. sc. Romina Kraus

prof. dr. sc. Nevenka Bihari