

# Biološke i ekološke značajke reda Rajiformes i njihova ugroženost u Jadranskom moru

---

Savić, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:370896>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-01**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Petra Savić

**Biološke i ekološke značajke reda Rajiformes  
i njihova ugroženost u Jadranskom moru**

Završni rad

Zagreb, 2023.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Petra Savić

**Biological and ecological characteristics of  
the order Rajiformes and their endangerment  
in the Adriatic Sea**

Bachelor thesis

Zagreb, 2023.

Ovaj završni rad je izrađen u sklopu studijskog programa Biologija na zoologijskom zavodu biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom doc. dr. sc. Zorana Marčića.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Završni rad

## Biološke i ekološke značajke reda Rajiformes i njihova ugroženost u Jadranskom moru

Petra Savić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Red Rajiformes pripada nadredu Batoidea i predstavlja skupinu s najvećim brojem validnih vrsta među hrskavičnjačama. Ipak, njihov vrlo uniforman izgled često je razlog pogrešnim identifikacijama vrsta, što ostavlja prostor za krive procjene njihove distribucije, abundancije i statusa. Njihove biološke značajke usko su povezane sa staništem u kojem žive, što je u ovom slučaju duboko more s niskom primarnom produkcijom. Kao rezultat toga im je dostupna mala količina energije koja je kod pripadnika ovog reda kao vršnih predatora usmjerena na preživljavanje, a ne na reprodukciju, što ih čini vrlo ranjivim na antropogene pritiske, osobito ribolov i degradaciju staništa. Cilj ovog rada je na temelju dostupnih podataka prikazati interakciju Jadranskog mora kao staništa sa biološkim karakteristikama i ekologije 13 vrsta prisutnih u Jadranu. Holistički prikaz ovih interakcija ključan je za razumijevanje njihovog rizika od izumiranja, a time i za određivanje adekvatnih mjera njihovog očuvanja.

Ključne riječi: Raže, bentos, crvena lista (IUCN), hranidbena mreža, očuvanje  
26 stranica, 0 slika, 2 tablice, 90 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski  
Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: doc. dr. sc. Zoran Marčić

# BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Bachelor thesis

## Biological and ecological characteristics of the order Rajiformes and their endangerment in the Adriatic Sea

Petra Savić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The order Rajiformes belongs to the superorder Batoidea and represents the group with the largest number of valid species among cartilaginous animals. However, their very uniform appearance is often the reason for misidentification of species, which leaves room for wrong estimates of their distribution, abundance and status. Their biological characteristics are closely related to the habitat they live in, which in this case are deep waters with low primary production. As a result, a small amount of energy is available to them, which in members of this order, as top predators, is focused on survival and not on reproduction, which makes them very vulnerable to anthropogenic pressures, especially fishing and habitat degradation. The aim of this paper is to present, based on available data, the interaction of the Adriatic Sea as a state with the features of the life history and ecology of 13 species present in the Adriatic. A holistic view of these interactions is crucial for understanding their risk of extinction, and thus for determining adequate conservation measures.

Keywords: Skates, benthos, Red List (IUCN), food web, conservation  
26 pages, 0 figures, 2 tables, 90 references, original in: Croatian  
Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: doc. dr. sc. Zoran Marčić

# Sadržaj

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>                                       | <b>1</b>  |
| <b>2. TAKSONOMIJA I DISTINKTIVNA SVOJSTVA.....</b>         | <b>2</b>  |
| <b>3. EKOLOGIJA .....</b>                                  | <b>4</b>  |
| <b>4. UGROŽENOST VRSTA U JADRANU .....</b>                 | <b>6</b>  |
| <b>4.1. Obilježja Jadranskog mora kao staništa.....</b>    | <b>6</b>  |
| <b>4.2. Pregled vrsta prisutnih u Jadranskom moru.....</b> | <b>7</b>  |
| <b>4.3. Životni ciklus vrsta prisutnih u Jadranu.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>4.4. Prijetnje bioraznolikosti .....</b>                | <b>14</b> |
| <b>5. ZAKLJUČAK .....</b>                                  | <b>17</b> |
| <b>6. LITERATURA.....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>7. ŽIVOTOPIS.....</b>                                   | <b>26</b> |

# 1. UVOD

Red Rajiformes spada u nadred poligača (Chondrichthyes: Batoidea) zajedno s 3 sestrinska reda i broji 302 poznate vrste i 40 rodova (Compagno, 2005; Ebert i Compagno, 2009; Fricke i sur., 2023). Primarno žive u morskom bentosu na dubinama do 4000 m, najčešće na mekom supstratu (Kuhnz i sur., 2019). Kao posljedicu uskog raspona staništa kojeg zauzimaju, imaju vrlo specifičnu morfologiju i ekološke značajke (Aschlliman i sur., 2012; McEachran i sur., 1996). Kontrastno velikoj raznolikosti vrsta, pripadnici ovog reda imaju vrlo konzerviranu strukturu i ujednačenu morfologiju, zbog čega često podliježu pogrešnoj identifikaciji i procjenama stanja populacije (Cortés, 2000).

Kod reda Rajiformes, kao i hrskavičnjača općenito, mnogo se više energije ulaže u rast i preživljavanje nego u reprodukciju zbog čega imaju vrlo dugo vrijeme embrionalnog razvoja, spolnog sazrijevanja i dug životni vijek (Garcia, 2008). Iz navedenog razloga njihove populacije vrlo su osjetljive na iscrpljivanje ribolovom te važnu ulogu u poduzimanju adekvatnih mjera očuvanja upravo ima pouzdanost podataka sakupljenih na terenu (Clarke i sur., 2003; Ebert i Compagno, 2009; IUCN, 2023). Trenutno je 32.6 % vrsta hrskavičnjača globalno ugroženo, no broj raste na 37,5 % ako pretpostavimo da su i nedovoljno poznate (DD) vrste ugrožene. Od tri skupine hrskavičnjača, trenutno su Batoidea najviše ugrožene (41 % od 611 procijenjenih vrsta) (IUCN, 2023).

Osim što se potencijalnim gubitkom ovih vrsta na pojedinim staništima smanjuje bogatstvo morske faune, one imaju važnu ulogu u ekosistemima kao ključni predatori, čime igraju i značajnu gospodarsku ulogu jer su dominantni nad vrstama koje zauzimaju niži položaj u hranidbenom lancu (Ebert i sur., 1991; Ricci i sur., 2021). Nažalost, mnogo je informacija ključnih za razumijevanje njihove ekologije, a na temelju kojih bi se mogle poduzeti konkretne mjere očuvanja, još uvijek nepoznato i javlja se sve veća potreba za nezavisnim praćenjem raža (Balàka i sur., 2023).

Ovaj je rad pregled dostupnih podataka o biološkim i ekološkim značajkama reda Rajiformes s naglaskom na vrste evidentirane u Jadranskom moru u svrhu ukazivanja na njihovu posebnu ranjivost i prisutne rizike od izumiranja. Prikupljanje podataka o ovim vrstama ključno je za



određivanje strategija očuvanja i osiguranje oporavka njihovih populacija, što u konačnici može potaknuti i oporavak cjelokupnih morskih zajednica kojima pripadaju (Balàka i sur., 2023).

## **2. TAKSONOMIJA I DISTINKTIVNA SVOJSTVA**

Red Rajiformes najraznovrsnija je postojeća skupina hrskavičnjača koja obuhvaća skoro 25 % svih poznatih vrsta hrskavičnjača, a sadrži 40 rodova i 302 vrste (Compagno, 2005; Ebert i Compagno, 2009; Fricke i sur., 2023). Gotovo isključivo žive u moru, najčešće na mekim supstratima morskog dna uz kontinentalne rubove do 3000m, uz iznimku od nekoliko vrsta koje žive u plitkim vodama blizu obale (Martin, 2023). Najveću raznolikost imaju na višim geografskim širinama i u dubljim vodama. U najvećem broju se mogu pronaći u plićim vodama blizu polova, no pojavljuju se i u dubljim vodama na tropskim ekvatorijalnim područjima (Ebert i Compagno, 2009). Njihova vrlo očuvana struktura i niska morfološka varijabilnost desetljećima je stvarala pomutnje i probleme u taksonomiji (Martin, 2023). Velika sličnost u morfologiji tijela većine vrsta raža osobito je izražena u ranim fazama životnog ciklusa, a pridonosi taksonomskim nesigurnostima i uzrokuje pogrešne identifikacije koje negativno utječu na procjene stanja vrste i njihove ekologije te time ostavlja prostor za pogrešno označavanje morskih proizvoda na tržištu i njihovu sustavnu zamjenu (Cortés, 2000; Hanner i sur., 2011). Iz tog je razloga napredovanje u tehnikama identifikacije u taksonomiji snažno povezano s rješavanjem sistematike unutar reda Rajiformes (White i Last, 2012).

Do 1950. godine bilo je poznato svega 119 vrsta iz ovog reda, nakon čega je uslijedila renesansa u sistematici zahvaljujući trudu nekoliko pojedinaca koji su kroz međusobne autorsko-koautorske suradnje opisali veliki broj novih vrsta (Ebert i Compagno, 2009). Opisivanjem novih vrsta i određivanjem njihovih statusa sve se više naglašava važnost taksonomije u očuvanju ovog reda (White i Last, 2012). U ovom su području molekularne metode ključan alat za za uvid u evolucijsku povijest i otkrivanje kriptičnih vrsta (Crope i sur., 2021). Mnoge pogreške u identifikaciji i taksonomske dvosmislenosti unutar reda Rajiformes riješene su upravo zahvaljujući DNA barkodiranju (Stein i sur., 2018; Tinti i sur., 2003).

Usprkos filogenetskoj raznolikosti vrsta unutar reda Rajiformes, morfologija im je vrlo uniformna (Valsecchi i sur., 2005). Velik dio morfološke raznolikosti koja je izražena u recentnim vrstama, koji se očituje u morfologiji rostruma i strukture zdjelice, prisutan je u fosilnim uzorcima kasne krede i ranog paleogena (Capetta, 1987; Carroll, 1988). Konvergencija tjelesnog plana rezultat je prilagodbe sličnim staništima i načinima hranjenja, a karakteristična je za cijeli nadred Batoidea i često prikriva filogenetske međuodnose između velikih porodica i rodova (Aschlliman i sur., 2012). U slučaju Rajiformes, riječ je o primarno bentoskim ribama koje ne zauzimaju širok raspon staništa i koje su zbog toga imale ograničenu morfološku evoluciju, za razliku od, primjerice, vrsta iz susjednog reda Myliobatiformes, koje su više puta prelazile iz bentoskih morskih staništa u pelagijska staništa i slatke vode (McEachran i sur., 1996).

Monofilija reda Rajiformes dokazana je u sljedećim sinapomorfijama:

- (1) Oviparni razvoj (McEachran i Dunn, 1998); jaja su položena u pravokutnu kapsulu koju sačinjava keratinizirani kolagen bogat sumporom i koji joj daje antibakterijska svojstva. Često su plijen karnivornih puževa i morskih slonova (Martin, 2023).
- (2) Alarni i/ili malarni trnovi prisutni u zrelih mužjaka (McEachran i Konstantinou, 1996); na središnjem vanjskom dijelu prsnih peraja nalazi se uzdužno raspoređen sloj uvlačivih alarnih trnova. Kod nekih vrsta prisutni su i dodatni anteriorno smješteni malarni trnovi (Last i sur., 2016).
- (3) Lateralni mišićni snop repa izmijenjen u električne organe (Jacob i sur., 1994); struktura u obliku vretena koja se bilateralno izdužuje unutar repa duž longitudinalne osi. Sačinjavaju ih nizovi elektrocita koji mogu biti u obliku šalice ili diska (New, 1994).
- (4) Druga hipobranhijalna hrskavica uvijek srasla s bazibranhijalnom kupulom (Miyake i McEachran, 1991).
- (5) Prednji dio druge hipobranhijalne hrskavice odsutan je, zbog čega nema kontakt s drugom ceratobranhijalnom hrskavicom (Miyake i McEachran, 1991).
- (6) Dorzalna završna hrskavica (pokrovni dio) kostura mixipterygiума koja se nalazi na dorzalnoj strani (McEachran i Dunn, 1998).
- (7) Ventralna terminalna hrskavica mixipterygiума ima specifičan oštar bočni rub koji tvori štit (McEachran i Dunn, 1998).

Dodatno svojstvo, koje pripadnici reda Rajiformes dijele s vanjskom skupinom Trygonorrhina, je i anteriorni nazalni režanj koji je proširen i povezan sa svojom antimerom preko širokog do uskog internazalnog prostora (McEachran i sur., 1996)

### 3. EKOLOGIJA

Većina vrsta reda Rajiformes živi bentoski u hladnoj vodi na kontinentalnim podinama i abisalnim ravninama do dubina od oko 4000 m, a neke umjerene i polarne vrste pojavljuju se i na obalama kontinentalnih podina (Compagno, 1990; Kuhnz i sur., 2019; Last i sur., 2016). Žive gotovo isključivo u morskim staništima, a jedina iznimka je vrsta *Zearaja maugiana* Last i Gledhill, 2007 koja živi u bočatoj vodi (Ebert i Compagno, 2009). Red Rajiformes kozmopolitski je rasprostranjen s predstavnicima u svakom oceanu (Last i sur., 2016). Njihova je distribucija u većem broju slučajeva uvjetovana geografskim granicama njihovog staništa te su šire rasprostranjene obično pokretljivije, bentopelagičke vrste (Last i sur., 2016). Primarno naseljavaju meko dno, iako je otkriven i širok dijapazon vrsta koje nastanjuju područja od šljunčanog do visokog stjenovitog reljefa čime je proširen poznat raspon dubine i geografskih područja na kojima žive (Kuhnz i sur., 2019). Bentoski način života pripadnika ove skupine rezultirao je pojavom raznih morfoloških prilagodbi (McEachran i Dunn, 1998).

Ovisno o dubini i prozirnosti vode mogu imati različite varijacije u obojenosti kože; tako svojte prisutne u plićim i dobro osvijetljenim područjima imaju složenu boju gornje površine tijela, dok im je donja strana tijela bijela. Prisutni su i oblici sa uzorcima koji služe za razbijanje obrisa tijela. Disanju na morskom dnu su prilagođene su tako da se voda uvlači kroz štrcalo, umjesto kroz usta, pri čemu imaju poseban ventil koji se zatvara pri izdisaju. Oči sa dobro razvijenim kopcima smještene su na gornjoj površini glave (Young, 1962). Budući da se mnoge vrste prvenstveno hrane bentoskom faunom i ne kreću brzo, vid im ne igra važnu ulogu u pronalaženju plijena, nego prvenstveno služi za uočavanje predatora i pronalaženje partnera (McComb, 2009). Zbog tjelesnog plana građe koji čine ventralno smještene usta i dorzalno smještene oči, ne mogu vidjeti svoj plijen te se zbog toga najčešće oslanjaju na receptore za dodir i elektroreceptore za pronalazak plijena (Blonder i Alevizon 1988; Maruska i Tricas 1998; Sisneros i Tricas 2002). Ipak, vrstama koje često plivaju u stupcu vode, kao što je vrsta *Rhinoptera bonasus* (Mitchill 1815), ova su osjetila od manje

važnosti jer trebaju locirati svoj plijen na većim udaljenostima, što uspijevaju zahvaljujući proširenom ventralnom vidnom polju (McComb, 2009). Za razliku od većine zrakoperki, hrskavičnjače nemaju plivaći mjehur te im u održavanju uzgona bitnu ulogu imaju jetreni lipidi, što ih čini manje fleksibilnima na staništa s rijetkim i nepredvidivim izvorima hrane (Musick i Cotton, 2015).

Prehrana hrskavičnjača i njihova uloga u hranidbenom lancu bila je sklona generalizacijama prema kojima su se sve smatrale vršnim predatorima (Ebert i Compagno, 2009). Veliki odmak od te generalizacije i napredak u individualiziranju položaja vrsta napravili su Ebert i Bizzarro (2009) koji su izračunali i međusobno usporedili sastave prehrane i vrijednosti trofičkih razina (TL) za 60 vrsta unutar reda Rajiformes. Njihova prehrana varira s obzirom na veličinu i oblik vilice, no plijen od najveće prehrabene važnosti gotovo svih istraženih vrsta čine rakovi i ribe (Ebert i Bizzarro, 2009; Herbert i sur., 2022; Pasquino i sur., 2011). Naime, pokazalo se da su deseteronošci prisutni u prehrani svih ispitivanih vrsta te da u prosjeku čine čak 36,35 % prehrane. Druge po redu od prosječne važnosti su bile ribe koje nisu bile sastavni dio prehrane svih ispitivanih vrsta osim *Bathyraja macloviana* (Norman 1937) i *Leucoraja melitensis* (Clark 1926). Mnogočetinaši (Polychaeta) i rakušci (Amphipoda) su se pokazali kao dopunski dio prehrane, a glavonošci i ostali rakovi predstavljaju manji udio.

Analiza trofičke razine (TL) ovog reda daje nam predodžbu njihove uloge kao predatora i prisutne kompeticije, a time i važnost za pojedine ekosustave (Ebert i Bizzarro, 2009). Radi se o predatorima koji imaju značajnu ulogu u oblikovanju pridnenih zajednica te ključnim vrstama u održavanju tih ekosustava (Ebert i sur, 1991). U pravilu su sekundarni ili tercijarni potrošači, no TL pojedine vrste može varirati unutar i između različitih ekosustava (Ebert i Bizzarro, 2009). Također, jednaka trofička razina ne mora nužno ukazivati i na sličan sastav prehrane. Naime, pokazalo se da postoje vrste koje imaju sličan TL i slično stanište kao i neke porodice morskih pasa (Scyliorhinidae, Squatinidae i Triakidae), no njihovi sastavi prehrane međusobno su imali vrlo malo preklapanja (Cortés, 1999).

Gubitak vrsta unutar ove skupine predstavlja i gubitak vršnih predatora, što potiče kaskadu posljedica koje utječu na strukturu hranidbene mreže i funkcioniranje cijelih ekosustava (Estes i sur., 2011). U tim slučajevima dolazi do izmjene položaja članova u lancu, promjene međusobnih interakcija i sveukupnog pojednostavljenja ekosustava, što u konačnici rezultira i negativnim

utjecajem na ljude zbog smanjene mogućnosti opskrbe hranom iz mora (Ricci i sur., 2021). Biološke karakteristike ove skupine upravo su uvjetovane okolišem u kojem žive te energijom dostupnom u tom okolišu koja će se ulagati u različite biološke procese. Pri tome je primarna produkcija odgovorna za energiju koja kruži u ekosustavu, dok interakcije bioloških procesa određuju karakteristike samog ekosustava (Garcia i sur., 2008).

Staništa u svjetskim oceanima možemo podijeliti na 3 glavna tipa morskih staništa: kontinentalne podine, otvoreni ocean i duboko more (Garcia i sur., 2008). Pelagičke i bentoske vode kontinentalnih podina imaju veliku razinu primarne proizvodnje koju prate i velike varijacije u okolišu, dok staništa otvorenog oceana imaju nisku primarnu proizvodnju, a staništa dubokih mora gotovo su bez primarne proizvodnje (Jones i sur., 2002). U skladu s tim, dubokomorske vrste imaju značajno veće stope završetka rasta, stariju dob zrelosti i dulji životni vijek u odnosu na pelagičke, zbog čega su puno osjetljivije na ribolovne pritiske (Clarke i sur., 2003). S proširenjem dubokomorskog ribolova preko granica dubine koje vrste ove skupine mogu doseći u kombinaciji s osjetljivosti njihovih populacija na relativno niske stope smrtnosti, mnoge su vrste u vrlo kratkom periodu došle u velik rizik od izumiranja (Musick i Cotton, 2015).

## **4. UGROŽENOST VRSTA U JADRANU**

### **4.1. Obilježja Jadranskog mora kao staništa**

Jadransko more je poluzatvoreni bazen u Sredozemnom moru prosječne dubine 253 m, dug više od 800 km, a širok 150-200 km s glavnom osi u smjeru sjeverozapad- jugoistok (Trincardi i sur., 1996; Vrdoljak i sur., 2021). Sjeverni Jadran karakteriziraju sezonske varijacije temperature mora koje prodiru do dna, a južni Jadran homogena svojstva mora ispod 150 m, što označava maksimalnu dubinu sezonske termokline. Maksimalne vrijednosti saliniteta izračunate su zimi pri čemu srednja gustoća iznosi 37,40 mg, dok se minimalne vrijednosti javljaju ljeti i prosječna gustoća iznosi 36,79 mg. Zbog pritoka iz rijeka površinski slojevi cijelog Jadrana osvježavaju se kroz proljeće i ljeto (UNEP, 2015).

Jadranski bazen obilježava velika heterogenost sedimenata na dnu, pri čemu veći dio morskog dna zauzimaju pjeskovito-muljeviti sedimenti pod utjecajem riječnih nanosa i morskih procesa (Tesi i sur., 2007). Veličina zrna tla i mineraloške značajke sedimenta utječu na rasprostranjenost i sastav biocenoze mekog dna, a time i na produktivnost viših slojeva vode (Cerrano i sur., 1999; Gray, 1974; Tesi i sur., 2007). Sjeverni Jadran jedno je od najproduktivnijih područja Mediterana, većinom zbog doprinosa slatkih voda, dok južni Jadran ima nisku produktivnost zbog utjecaja otvorenog mora i neznatnog utjecaja kopna (UNEP, 2015). Sjeverni Jadran također karakterizira mala dubina, visoke temperature i slabi vjetrovi zbog čega je smanjena disperzija polutanata te je kao posljedica toga već posljednja četiri desetljeća zabilježena anoksija morskog dna, povećani bentoski mortalitet i pojava morskog snijega (Danvaro i sur., 2009; Justić, 1991). Zadržavanje i sedimentacija štetnih tvari zajedno sa bentoskim ribolovom negativno utječu na cjelokupnu makroepibentosku zajednicu (UNEP, 2015).

Iako je Sredozemno more poluzatvoreno more koje pokriva manje od 1 % površine svjetskih oceana, ono predstavlja takozvani „hotspot“ raznolikosti vrsta hrskavičnjača na globalnoj razini (Balàka i sur., 2023; Serena i sur., 2020). Razlog tome su klimatske promjene u kvartaru koje su potaknule bujanje raznolikosti. Tijekom pleistocena Sredozemno je more poprimilo sadašnja oceanografska obilježja, slična u velikoj mjeri obilježjima Atlanskog oceana, što ukazuje na činjenicu da Gibratarski tjesnac nije bio stroga granica ni prepreka za morsku faunu (Serena i sur., 2020). Nadalje, trenutna raznolikost vrsta u Sredozemnom moru vjerojatno je posljedica rekolonizacije nakon mesinske krize saliniteta, zbog čega se istraživanja bioraznolikosti u Sredozemnom moru ne bi trebala strogo ograničavati na to područje, već uključiti i ekosustave iz Atlanskog oceana (Bianchi i sur., 2012; Serena i sur., 2020).

## **4.2. Pregled vrsta prisutnih u Jadranskom moru**

Nedavno je revidiran popis vrsta hrskavičnjača koje nalazimo u Jadranskom moru (Balàka i sur., 2023). Popis navodi četiri roda sa 13 vrsta unutar reda Rajiformes, od čega su tri vrste kritično ugrožene (CR), dvije vrste su kategorizirane kao ugrožene (EN), pet njih kao gotovo ugrožene (NT), a samo tri vrste su proglašene najmanje zabrinjavajućima (LC) (Balàka i sur., 2023). Daljnji

tekst ukratko opisuje svaku od 13 vrsta s naglaskom na ekologiju i kategoriju ugroženosti kojoj pripada.

### ***Dipturus batis* (Linnaeus, 1758) – volina**

Ova vrsta nastanjuje pridnena staništa na šelfovima i morskim padinama. U Jadranskom moru je rasprostranjena na dubinama 90 – 300 m na muljevitom i muljevito-pjeskovitom dnu (Milišić, 1994). Raširena je po čitavom Jadranu, s većom abundancijom na njegovom istočnom dijelu (Kovačić i Dulčić, 2020). Prehranu ove vrste, osim širokog raspona vrsta pridnenih beskralješnjaka, čine razne vrste riba, uključujući i druge pripadnike reda Rajiformes (Last i sur., 2016). Meso ove vrste dosta je traženo, te se nekoć redovno prodavalo na domaćem tržištu i izvezilo (Milišić, 1994). Glavni razlozi njene ugroženosti su njen čest slučajni ulov u pridnenim kočama i dubinskim parangalima, kao i degradacija staništa i sužavanje životnog prostora povodom ribolova (Kovačić i Dulčić, 2020). Prema IUCN-ovom crvenom popisu (2023), nalazi se u kategoriji kritično ugroženih vrsta.

### ***Dipturus nidarosiensis* (Storm, 1881) – crna volina**

Stanište ove vrste čine vode dubokih padina dubine od otprilike 125 do čak 1420 m (Stehmann i sur., 1984; Last i sur., 2016). Iako je pojava jedinki ove vrste zabilježena na tako različitim dubinama, vrlo je vjerojatno da većinom ipak obitavaju na dubinama pri sredini ovog dubinskog raspona (Last i sur., 2016). U Jadranu je dosada bila utvrđena samo u njegovom južnom dijelu i u Sicilijanskom tjesnacu (Kovačić i Dulčić, 2020). Budući da se hrane gotovo svim vrstama pridnenih životinja, prehrana im je vrlo raznolika (Stehmann i sur., 1984). Ipak, većinu kalorija dobivaju iz mesa manjih riba i beskralješnjaka (Last i sur., 2016). Nema gospodarsku važnost (Kovačić i Dulčić, 2020). IUCN (2023) svrstava ovu vrstu u kategoriju gotovo ugroženih.

### ***Dipturus oxyrinchus* (Linnaeus, 1758) – klinka**

Ovo je vrsta koja se većinom pronalazi na dubinama 100 – 400 m, iako su zabilježeni primjeri jedinki pronađenih i na dubokim padinama (Milišić, 1994; Froese i Pauly, 2023). Pronađena je samo na srednjem i južnom dijelu Jadrana (Balàka i sur., 2023). Nalazi se pri dnu

pjeskovitih predjela gdje su jedinke često djelomično ukopane u pijesak te na mješovitom, pješčano-kamenom dnu (Brito, 1991). Iako su glavonošci i rakovi glavina njihova plijena (Last i sur., 2016), hrane se gotovo svim vrstama pridnenih životinja (Stehmann i sur., 1984). Razmnožavanje se odvija u proljeće i rano ljeto (Last i sur., 2016). Nema gospodarsku važnost, no regionalno je ugrožena zbog degradacije staništa i čestog slučajnog ulova pridnenim kočama i dubinskim parangalima (Kovačić i Dulčić, 2020). IUCN (2023) ovu vrstu svrstava u kategoriju gotovo ugroženih.

### ***Leucoraja circularis* (Couch, 1838) – raža smeđa**

Pripadnici ove vrste su prema zapisima Nevena Milišića iz 1994. bili prisutni po cijelom Jadranu, no u proteklih su 10 godina bili zabilježeni isključivo na samom jugu Jadrana, na granici epikontinentalnog pojasa i kontinentske podine (Balàka i sur., 2023). Obitavaju na finim pjeskovitim i muljevitim dnima. Najviše je ugrožena ribolovom kao slučajna lovina, a učinkovito se može zaštititi proglašavanjem zona i/ili područja kojima ona obitava zaštićenima i popratnim zakonskim regulacijama (Kovačić i Dulčić, 2020). Kritično je ugrožena u cijelom Sredozemnom moru (IUCN, 2023).

### ***Leucoraja fullonica* (Linnaeus, 1758) – Fullerova raža**

Zapisi o ovoj vrsti u Hrvatskoj temelje se na jednom juvenilnom primjerku ulovljenom u blizini Splita (Balàka i sur., 2023). Žive u vodama šelfa na 50 – 400 m dubine (Milišić, 1994). Prehrana ove vrste sastoji se od gotovo svih pridnenih vrsta, ali ponajviše od ribe (Stehmann i sur., 1984). Gospodarska važnost ove vrste je neznatna (Kovačić i Dulčić, 2020). Kritično je ugrožena u cijelom Sredozemnom moru (IUCN, 2023).

### ***Raja asterias* Delaroche, 1809 – raža zvjezdopjega**

Iako se smatra čestom vrstom Jadrana, mnogo više jedinki se nalazi na zapadnim nego na istočnim, odnosno hrvatskim obalama (Balàka i sur., 2023). Nastanjuje priobalne vode (Stehmann i sur., 1984) do dubine od 343 m (Mytilineou i sur., 2005). Ova je vrsta endemska za Sredozemno more. Prehranu čine gotovo sve vrste bentoskih životinja. Ovisno o veličini tijela količina



položenih jaja može mnogo varirati, a vrhunac mrijesta je u ljeto i ranu jesen (Stehmann i sur., 1984). Neznatne je gospodarske važnosti, no zbog intenzivnog ribolova u kombinaciji sa malom moći reprodukcije i malom gustoćom populacija ju se ugrožava (Kovačić i Dulčić, 2020). IUCN (2023) ovu vrstu svrstava u kategoriju gotovo ugroženih.

### ***Raja clavata* Linnaeus, 1758 – raža kamenica**

Ova vrsta nastanjuje šelfove i padine, u rasponu dubine između 10 i 577 m (Mytilineou i sur., 2005). Ipak, najčešće se nalazi u obalnim vodama između 10 i 60 m dubine (Wheeler, 1978). Nastanjuje muljevita, pjeskovita i šljunčana, a vrlo rijetko i grublja dna (Brito, 1991). Iako preferira rakove i ribe, hrani se gotovo svim vrstama pridnenih životinja (Stehmann i sur., 1984; Last i sur., 2016). Ova vrsta pokazuje jasan godišnji migracijski ciklus, sa srednjim prevaljenim udaljenostima između 54 i 117 km (Hunter i sur., 2005a; Hunter i sur., 2005b). U jesen i zimu se kreće iz dubljih priobalnih predjela od otprilike 10 do 30 metara dubine, a u proljeće u plićake dubina manjih od 10 m (Walker i sur., 1997). Mladunci ne migriraju, već nastanjuju obalna uzgajališta (Steven, 1932; Steven, 1936). U Sredozemnom moru, jajašca polažu tijekom zime i proljeća (Stehmann i sur., 1984). Vrlo je česta u hrvatskom dijelu Jadrana te ju se ciljano lovi (Kovačić i Dulčić, 2020). Ima veliku gospodarsku važnost i redovito se može kupiti u ribarnicama (Kovačić i Dulčić, 2020; Balàka i sur., 2023). IUCN (2023) svrstava ovu vrstu u kategoriju gotovo ugroženih.

### ***Raja miraletus* Linnaeus, 1758. – raža modropjega**

Ova vrsta nastanjuje meko dno šelfova i padine pri samom njihovom vrhu (Compagno i sur., 1989). Može se pronaći na dubinama od 17 pa sve do 300 m na pjeskovitim i pjeskovito-ljušturastom dnu po cijelom Jadranu (Mytilineou i sur., 2005). Prehranu čine gotovo sve vrste bentoskih životinja, zajedno s raznim vrstama riba (Compagno i sur., 1989). Mrijesti se zimi i u proljeće (Milišić, 1994). Rasprostranjena je cijelim hrvatskim akvatorijem, a vrlo često se može kupiti i u ribarnicama (Balàka i sur., 2023). Prema IUCN-ovom crvenom popisu (2023), svrstana je u kategoriju najmanje zabrinjavajućih vrsta.

### ***Raja montagui* Fowler, 1910 – raža crnopjega**

Ova je vrsta vrlo česta u hrvatskom dijelu Jadrana. Međutim, teško ju je razlikovati od vrlo bliske raže crnožige, zbog čega nije sigurno jesu li nalazi *R. montagui* u Hrvatskoj uistinu točno klasificirani kao ova vrsta (Balàka i sur., 2023). Nastanjuje pretežito muljevita i muljevito pjeskovita dna do 100 m dubine pri čemu se često zakopavaju u pijesak kako bi izbjegle grabežljivce i učinkovitije zaskočile potencijalni plijen (Milišić, 1994). Prehrana ove vrste sastoji se većinom od rakova, uz razne druge bentoske vrste, uključujući glavonošce i manje ribe (Holden i Tucker, 1974; Stehmann i sur., 1984; Wheeler, 1978). Zanimljivo je da ima sposobnost detekcije slabih električnih polja koja stvaraju drugi organizmi, a može generirati i vlastita slaba električna polja (Moller, 1995). Ima neznatnu gospodarsku važnost (Kovačić i Dulčić, 2020). Na IUCN-ovom crvenom popisu (2023) nalazi se u kategoriji najmanje zabrinjavajućih vrsta Sredozemnog mora.

### ***Raja polystigma* Regan, 1923 – raža crnožiga**

Kao jedan od endema Sredozemnog mora, ova je vrsta rasprostranjena duž cijele hrvatske obale (Frodella i sur., 2016). Nastanjuje meka dna, na dubinama između 100 i 400 m (Stehmann i sur., 1984). Hrani se uglavnom rakovima i koštunjačama, a o tome što čini glavni dio prehrane u pojedinih jedinki, odlučuju spol i veličina jedinke te sezonski period (Stehmann i sur., 1984; Notarbartolo di Sciara i Bianchi, 1998). Regionalno je ugrožena slučajnim ulovom, degradacijom i gubitkom staništa te biološkim karakteristikama kao što su spori rast, kasno spolno sazrijevanje i slaba reproduktivna moć (Kovačić i Dulčić, 2020). Prema IUCN-ovom crvenom popisu (2023), svrstana je u kategoriju najmanje zabrinjavajućih vrsta.

### ***Raja radula* Delaroche, 1809 – raža tuponoska**

Ova vrsta nastanjuje dna sa finijom strukturom sedimenta na dubinama 90 – 180 m (Stehmann i sur., 1984). U Jadranu je dosad samo bila zabilježena na kontinentalnom šelfu otvorenog srednjeg Jadrana (Kovačić i Dulčić, 2020). Hrani se gotovo svim vrstama pridnenih životinja (Stehmann i sur., 1984). U Jadranskom je moru rijedak i najčešće slučajan ulov, zbog čega nema gospodarsku važnost (Kovačić i Dulčić, 2020). Na IUCN-ovom crvenom popisu (2023) nalazi se u kategoriji ugroženih vrsta Sredozemnog mora.

### ***Raja undulata* Lacepède, 1802 – raža vijošarka**

Iako je ova vrsta navedena u izvješću iz 2009. godine, njezina prisutnost u Jadranskom moru se dovodi u pitanje i treba još potvrditi (Balàka i sur., 2023). Nastanjuje pjeskovita i muljevita dna šelfova na dubinama između 50 i 200 m (Kovačić i Dulčić, 2020, Brito, 1991). Prehrana joj se sastoji od gotovo svih vrsta pridnenih životinja (Stehmann i sur., 1984). Ženke odlažu jaja tijekom cijele godine (Milišić, 1994). Nije gospodarski važna (Kovačić i Dulčić, 2020). IUCN (2023) svrstava ovu vrstu u kategoriju gotovo ugroženih.

### ***Rostroraja alba* (Lacepède, 1803) – volina bjelica**

Budući da se ova vrsta javlja samo sporadično u područjima srednjeg i južnog Jadrana, smatra se vrlo rijetkom vrstom ovog mora (Balàka i sur., 2023). Nastanjuje šelfove i padine na dubinama između 50 i 300 m, a nalazi se na muljevitim i muljevito-pjeskovitim dnima (Brito, 1991; Milišić, 1994). Prehrana ove vrste sastoji se od koštunjača, rakova, školjkaša, glavonožaca te čak i drugih pripadnika skupine *Elasmobranchii* (Compagno i sur., 1989; Milišić, 1994). Nema gospodarsko važnost (Kovačić i Dulčić, 2020). Na IUCN-ovom crvenom popisu (2023) ova je vrsta svrstana u kategoriju ugroženih.

## **4.3. Životni ciklus vrsta prisutnih u Jadranu**

Nadalje su prikazane relevantne informacije o životnim ciklusima navedenih vrsta. Veličina (izražena u centrimetrima) i dob (izražena u godinama) pri postizanju spolne zrelosti predstavlja procjenu dobi i veličine pri kojima je 50 % jedinki vrste spolno zrelo (Tablica 1.) (Chen i Paloheimo, 1994). Iako je kod raža riječ o kontinuiranom procesu koji se odvija u stadijima, navedene informacije korisne su za procjenu reproduktivnih svojstava vrste (Villagra i sur., 2022). Bitno je naglasiti da pogrešna identifikacija vrste i/ili nedostatan broj jedinki na temelju kojih je procijenjena brojčana vrijednost može lako dovesti do većih odstupanja od stvarnih vrijednosti u istraživanju na temelju kojeg se uzimaju podaci za usporedbu (McCully i sur., 2012). Fekunditet je izražen kao prosječan ukupan broj potomaka (jaja ili mladunaca) proizvedenih godišnje po ženki. Period inkubacije jaja definiran je kao vrijeme potrebno da se mladunci u potpunosti razviju unutar

jajeta. Životni vijek izražen je kao maksimum očekivane dobi u godinama. Navedeni podaci često su ograničeni na određena istraživanja s javno dostupnim podacima te se iz tog razloga generaliziraju za ove vrste (Villagra i sur., 2022). Informacije o karakteristikama životnih ciklusa i pripadajućem statusu po IUCN-ovom crvenom popisu (2023) za spomenute vrste prikazane su u svrhu ukazivanja na osjetljivost pojedinih vrsta u Jadranu i njihove usporedbe kao i potrebu za daljnjim istraživanjima.

**Tablica 1.** Prosječne vrijednosti veličine i dobi pri postizanju zrelosti za vrste prisutne u Jadranskom moru.

| Vrsta                         | Veličina pri postizanju zrelosti (cm) |       | Dob postizanja zrelosti (godine) |
|-------------------------------|---------------------------------------|-------|----------------------------------|
|                               | ♂                                     | ♀     |                                  |
| <i>Dipturus batis</i>         | 185,5                                 | 197,5 | 11,0                             |
| <i>Dipturus nidarosiensis</i> | 118,0                                 | 127,0 | -                                |
| <i>Dipturus oxyrinchus</i>    | 91,0                                  | 103,5 | 6,0-8,0                          |
| <i>Leucoraja circularis</i>   | 66,0                                  | 76,0  | -                                |
| <i>Leucoraja fullonica</i>    | -                                     | -     | -                                |
| <i>Raja asterias</i>          | 51,7                                  | 56,1  | 3,0-4,0                          |
| <i>Raja clavata</i>           | 62,8                                  | 72,2  | 6,0-7,3                          |
| <i>Raja miraletus</i>         | 37,6                                  | 40,0  | -                                |
| <i>Raja montagui</i>          | 53,7                                  | 60,7  | 4,7-5,6                          |
| <i>Raja polystigma</i>        | 48,8                                  | 50,6  | -                                |
| <i>Raja radula</i>            | 47,1                                  | 56,5  | 4,5-5,9                          |
| <i>Raja undulata</i>          | 77,1                                  | 80,6  | 7,6-8,8                          |
| <i>Rostroraja alba</i>        | 119,3                                 | 129,3 | 19,0-23,0                        |

Podaci sakupljeni iz referenci u sustavu FishBase tražilice i stranice CIESM-a (Barone i sur., 2007; Bellodi i sur., 2017; Carbonara i sur., 2019; Ebert i sur., 2008; Follesa i sur., 2012; Froese i Pauly, 2023; Mendez i sur., 2022; Porcu i sur., 2020; Stehmann i sur., 1984; Villagra i sur., 2022; Yıgın i Ismen, 2010)

**Tablica 2.** Prosječne vrijednosti fekunditeta, perioda inkubacije jaja i životnog vijeka te pripadajući IUCN status za vrste prisutne u Jadranskom moru.

| Vrsta                         | Fekunditet | Period inkubacije jaja (mjeseci) | Životni vijek (godine) | IUCN status |
|-------------------------------|------------|----------------------------------|------------------------|-------------|
| <i>Dipturus batis</i>         | 40         | 9-10                             | 50                     | CR          |
| <i>Dipturus nidarosiensis</i> | -          | -                                | -                      | NT          |
| <i>Dipturus oxyrinchus</i>    | 20         | -                                | -                      | NT          |
| <i>Leucoraja circularis</i>   | -          | -                                | -                      | CR          |
| <i>Leucoraja fullonica</i>    | -          | -                                | 9-10                   | CR          |
| <i>Raja asterias</i>          | 30-120     | 5-6                              | -                      | NT          |
| <i>Raja clavata</i>           | 116        | 5                                | 23                     | NT          |
| <i>Raja miraletus</i>         | 40-72      | 5                                | -                      | LC          |
| <i>Raja montagui</i>          | 65         | 5-6                              | -                      | LC          |
| <i>Raja polystigma</i>        | 20-62      | -                                | 7-15                   | LC          |
| <i>Raja radula</i>            | 80-154     | 4                                | 10-12                  | EN          |
| <i>Raja undulata</i>          | 50         | 3                                | -                      | NT          |
| <i>Rostroraja alba</i>        | 102        | 15                               | 51                     | EN          |

Podaci sakupljeni iz referenciranih radova u sustavu FishBase i CIESM tražilice (Barone i sur., 2007; Belloidi i sur., 2017; Du Buit, 1977; Froese i Pauly, 2023; IUCN, 2023; Kovačić i Dulčić, 2020; Mendez i sur., 2022; Milišić, 1994; Notarbartolo di Sciara i Bianchi, 1998; Porcu i sur., 2020; Stehmann i sur., 1984; Villagra i sur., 2022)

#### 4.4. Prijetnje bioraznolikosti

Jadranske bentoske zajednice visoko su ugrožene zbog aktivnosti koje utječu na promjenu podloge dna kao što su dodatni kruti i tekući otpad s kopna koji ima tendenciju taloženja sedimentacije na dnu, ogromne flote kočarica, rudarskih radova, intenzivnih jaružanja, sidrenja flota i brodova za krstarenje te ugradnje podvodnih struktura kao što su plinski i naftni kanali (UNEP, 2015). Vrste reda Rajiformes kao sastavni dio bentoskih zajednica osobito su ranjive zbog svojih bioloških karakteristika (García i sur., 2008). Činjenica je da je stopa rasta populacije hrskavičnjača niža nego kod zrakoperki, što se može pripisati većoj veličini tijela i starijoj životnoj dobi u zrelosti (Hutchings i sur., 2012). Hrskavičnjače, umjesto u plodnost, ulažu više resursa u rast i preživljavanje, zbog čega je njihovim populacijama potrebno jako dugo vremena da se

oporave nakon njihovih iscrpljenja (Ferretti i sur., 2010; Stevens i sur., 2000). Nepovratan utjecaj iscrpljenja populacija hrskavičnjača pokazala se u istraživanju koje je proveo Ferretti je 2008. godine, gdje je analizirao dugotrajne obrasce promjena u brojnosti i raznolikosti morskih pasa i raža u Jadranskom moru na temelju njihovih ponašanja kroz povijest, a navedeno obradio na temelju istraživanja ulova sa pet međunarodnih koća u Jadranskom moru između 1948. i 2005. godine. Otkrio je znatno smanjenje ulova (92 %) od 1948. Od tada, 26 vrsta koje su bile dokumentirane ranije nisu bile pronađene, a njih 11 je nestalo (Ferretti i sur., 2008). Također, primjetio je i izražen gradijent intenziteta ribolova koji se povećava s hrvatske prema talijanskoj obali te popratnu veću gustoću i raznolikost populacija na hrvatskoj obali.

Nezaustavljivo crpljenje resursa do biološki neodrživih razina koje se događa u Sredozemnom moru ostavlja posljedice koje nisu samo degradacija staništa i izlov samih hrskavičnjača, već i smanjenje populacija njihovog plijena (Balàka i sur., 2023). Uz globalni rast ribarstva i niskog potencijala oporavka nakon poremećaja stvara se najveća prijetnja ovim grabežljivcima jer se intenzivno događa smanjenje populacija hrskavičnjača širom svijeta (Castro i sur., 1999; García i sur., 2008).

Osim što se intenzivno iskorištavaju morski ekosustavi, uz to je prisutan nedostatak podataka o količini ulovljenih životinja i sastavu vrsta ulova. Nadalje, rijetko se izvještava o korištenoj ribolovnoj opremi i vrstama uključenima u ribolov (Balàka i sur., 2023). Zbog tog ozbiljnog nedostatka podataka IUCN ne može procijeniti status populacija mnogih vrsta hrskavičnjača u Europi, što rezultira procjenom vrsta kao nedovoljno poznatima (DD) (IUCN, 2023). Vrste koje su pak procijenjene kao ugrožene i dalje su čest namjerman ili nenamjerman predmet ulova (Dulvy i sur., 2016). Iako su pri tome ribari dužni pustiti zaštićene vrste natrag u more dok su još žive, u pitanje se dovodi velika varijabilnost u stopama preživljavanja nakon puštanja, ovisno o vrsti (Balàka i sur., 2023; Dulvy i sur., 2016). S druge strane, česta je i pojava namjernog lova na raže kao trofeje ili kao kompenzacija za smanjenu količinu ulovljenih koštunjača, pri čemu se pod lažnim imenima prodaju kao lokalni specijaliteti u ribarnicama (Balàka i sur., 2023).

U Hrvatskoj je do sada uspostavljeno 292 zaštićenih morskih područja (eng. *Marine protected area* - MPA) koji se pridržavaju smjernica Natura 2000 Europske unije i prekrivaju ukupnu površinu od 5115 km<sup>2</sup>. Međutim, 239 od tih zona samo je određeno, ali još nije uspostavljeno, što znači da se nad samo 2,2 % ukupnih hrvatskih morskih područja stvarno provode

mjere zaštite (Marine Conservation Institute, 2023). Također se u pitanje dovodi intenzitet koćarenja koji se odvija u zaštićenim područjima na području Jadrana (Balàka i sur., 2023). Naime, otkriveno je da se, unatoč mjerama, 59 % morskih zaštićenih područja u Sredozemnom moru komercijalno koćari s prosječnim intenzitetom koji je čak 1,4 puta veći nego u nezaštićenim područjima (Dureuil i sur., 2018). Kao odraz mogućeg nedostatka ili nepravilno provedenih mjera očuvanja stoji i nepodudarnost u distribuciji hrskavičnjača pronađenim u recentnim istraživanjima sa lokacijama zaštićenih morskih područja. Ova pojava je posebno izražena na području Rijeke u Kvarnerskom zaljevu i na splitskom području, gdje je prijavljena veća abundancija vrsta hrskavičnjača. Ipak, mora se uzeti u obzir da iz nezaštićenih područja potječe veći broj zapisa u odnosu na zaštićena područja gdje su smanjene ribolovne aktivnosti (Balàka i sur., 2023).

Prisutna je neodgodiva potreba za zasebnim praćenjem vrsta reda Rajiformes u statistici ribarstva kako bi se prikupile informacije o pojavljivanju određenih rijetkih vrsta. Te informacije ključne su za buduće planiranje znanstvenih istraživanja u svrhu pronalaska potencijalnih lokacija razmnožavanja i okupljanja populacija te planiranju njihove zaštite (Balàka i sur., 2023). Za adekvatnu zaštitu područja na kojima prevladavaju ugrožene vrste potrebne su pažljivo osmišljene vremenske i prostorne mjere zaštite te tehničke mjere za smanjenje slučajnog prilova, kao i evaluacija provedenih mjera (Elliott i sur., 2020). Važnu ulogu u budućim saznanjima mogu imati izvješća građana jer mogu dati značajne uvide u područja od zanimanja i postaviti osnove za buduća istraživanja (Balàka i sur., 2023).

## 5. ZAKLJUČAK

Red Rajiformes najraznolikija je skupina hrskavičnjača koja, paradoksalno, ima vrlo uniforman izgled i konzervativnu strukturu kao rezultat prilagodbe sličnim staništima (Martin, 2023; Ebert i Compagno, 2009). Pretežito dubokomorska staništa u bentosu s niskom produkcijom i malom stopom protoka energije usko su povezana s njihovim načinom života koji se oslanja na strategije preživljavanja, a ne na velik broj potomaka i rano spolno sazrijevanje, što njihove populacije čini vrlo osjetljivima na nekontroliran izlov (Ferretti i sur., 2010; Garcia i sur., 2008; Stevens i sur., 2000). U Jadranskom moru prisutan je problem nepotpuno provedenih mjera kontrole zaštićenih područja te je teško prepoznati mjesta veće abundancije vrsta i općenite bioraznolikosti i time dobiti bolji uvid u ekologiju vrsta u Jadranskom moru (Balàka i sur., 2023). Bolje razumijevanje biologije i ekologije ovih vrsta ključan je za holistički prikaz stanja njihovih populacija u Jadranu te time i za poduzimanje adekvatnih mjera očuvanja (Elliott i sur., 2020). Iz analize bioloških i ekoloških značajki raža i svojstava Jadranskog mora kao staništa, uključujući i potencijalne ugroze u njemu, jasno su vidljivi obrasci koji se javljaju kao posljedica ribolova i degradacije staništa (Balàka i sur., 2023; Castro i sur., 1999; García i sur., 2008). Vrste koje prema IUCN-u imaju status kritično ugroženih ili ugroženih u Sredozemnom moru, pokazale su se ujedno kao i one od veće gospodarske važnosti i/ili sa produljenim trajanjem embrionalnog razdoblja i sazrijevanja u odnosu na druge pripadnike reda, zbog čega se njihove populacije otežano obnavljaju (Kovačić i Dulčić, 2020).

Raže imaju ulogu ključnih predatora te njihovo uklanjanje iz lokalnih ekosistema pod antropogenim utjecajem najčešće uzrokuje kaskadu promjena koje u konačnici dovode do poremećaja ravnoteže i pojednostavljenja ekosistema, čime se osiromašuje sveukupna fauna Jadranskog mora, a povratno ima negativan utjecaj na ljude u obliku smanjenja mogućnosti opskrbe hranom iz mora (Estes i sur., 2011; Ricci i sur., 2021). Važno je uzeti u obzir da je za zaštitu vrsta unutar reda Rajiformes potrebna kontrola ribolovnih aktivnosti, ne samo na same pripadnike reda, već i na populacije njihovog plijena, zbog čega se javlja potreba za daljnjim istraživanjima trofičke ekologije u svrhu popunjavanja praznina znanju na temelju kojih se mogu osmisliti konkretne mjere zaštite (Balàka i sur., 2023).



## 6. LITERATURA

Aschliman, N. C., Nishida, M., Miya, M., Inoue, J. G., Rosana, K. M. & Naylor, G. J. (2012). Body plan convergence in the evolution of skates and rays (Chondrichthyes: Batoidea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 63(1), 28-42.

Balàka, P. F., Ugarković, P., Türtscher, J., Kriwet, J., Niedermüller, S., Krstinić, P. & Jambura, P. L. (2023). Updated Checklist of Chondrichthyan Species in Croatia (Central Mediterranean Sea). *Biology*, 12(7), 952.

Barone, M., De Ranieri, S., Fabiani, O., Pirone, A. & Serena, F. (2007). Gametogenesis and maturity stages scale of *Raja asterias* Delaroche, 1809 (Chondrichthyes, Rajidae) from the South Ligurian Sea. In *Biodiversity in Enclosed Seas and Artificial Marine Habitats: Proceedings of the 39th European Marine Biology Symposium, held in Genoa, Italy, 21–24 July 2004* (pp. 245-254). Springer Netherlands.

Bellodi, A., Porcu, C., Cannas, R., Cau, A., Marongiu, M. F., Mulas, A., ... & Follesa, M. C. (2017). Life-history traits of the long-nosed skate *Dipturus oxyrinchus*. *Journal of Fish Biology*, 90(3), 867-888.

Bianchi, C. N., Morri, C., Chiantore, M., Montefalcone, M., Parravicini, V. & Rovere, A. (2012). Mediterranean Sea biodiversity between the legacy from the past and a future of change. *Life in the Mediterranean Sea: a look at habitat changes*, 1, 55.

Blonder, B. I. & Alevizon, W. S. (1988). Prey discrimination and electroreception in the stingray *Dasyatis sabina*. *Copeia*, 1988(1), 33-36.

Brito, A. (1991). *Catálogo de los peces de las Islas Canarias*. Francisco Lemus, 1-230.

Cappetta, H. (1987). Mesozoic and Cenozoic elasmobranchii. Chondrichthyes II. *Handbook of paleoichthyology*, 3. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 1-193.

Carbonara, P., Cannas, R., Donnalioia, M., Melis, R., Porcu, C., Spedicato, M. T., ... & Follesa, M. C. (2019). On the presence of *Dipturus nidarosiensis* (Storm, 1881) in the Central Mediterranean area. *PeerJ*, 7, e7009.

Carroll, R. L. (1988). *Vertebrate paleontology and evolution*. WH Freeman, 1-711.

- Castro, J. I., Woodley, C. M., & Brudek, R. L. (1999). A preliminary evaluation of the status of shark species. *FAO*, 380, 1-72.
- Cerrano, C., Arillo, A., Bavestrello, G., Benatti, U., Calcinai, B., Cattaneo-Vietti, R., ... & Sarà, M. (1999). Organism–quartz interactions in structuring benthic communities: towards a marine biomineralogy? *Ecology Letters*, 2(1), 1-3.
- Chen, Y. & Paloheimo, J. E. (1994). Estimating fish length and age at 50 % maturity using a logistic type model. *Aquatic Sciences*, 56, 206-219.
- Clarke, M. W., Keely, C. J., Connolly, P. L. & Molloy, J. P. (2003). A life history approach to the assessment and management of deepwater fisheries in the Northeast Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 31, 401.
- Compagno, L. J. (1990). Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environmental Biology of Fishes*, 28, 33-75.
- Compagno, L. J. (2005). Checklist of living Chondrichthyes. Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes. *Sharks, batoids and chimaeras*, 503-548.
- Compagno, L. J. V., Ebert, D. A. & Smale, M. J. (1989). Guide to the sharks and rays of southern Africa. *Struik*, 1-158.
- Cortés, E. (1999). Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of marine science*, 56(5), 707-717.
- Cortés, E. (2000). Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science*, 8(4), 299-344.
- Crobe, V., Ferrari, A., Hanner, R., Leslie, R. W., Steinke, D., Tinti, F. & Cariani, A. (2021). Molecular taxonomy and diversification of Atlantic Skates (Chondrichthyes, Rajiformes): Adding more pieces to the puzzle of their evolutionary history. *Life*, 11(7), 596.
- Danovaro, R., Fonda Umani, S. & Pusceddu, A. (2009). Climate change and the potential spreading of marine mucilage and microbial pathogens in the Mediterranean Sea. *PLoS One*, 4(9), e7006.
- Du Buit, M. H. (1977). Age et croissance de *Raja batis* et de *Raja naevus* en Mer Celtique. *ICES Journal of Marine Science*, 37(3), 261-265.

- Dulvy, N. K., Allen, D. J., Ralph, G. M. & Walls, R. H. (2016). The conservation status of sharks, rays, and chimaeras in the Mediterranean Sea. IUCN, 1-14.
- Dureuil, M., Boerder, K., Burnett, K. A., Froese, R. & Worm, B. (2018). Elevated trawling inside protected areas undermines conservation outcomes in a global fishing hot spot. *Science*, 362(6421), 1403-1407.
- Ebert, D. A. & Bizzarro, J. J. (2009). Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). *Biology of skates*, 27, 115-131.
- Ebert, D. A. & Compagno, L. J. (2009). Biodiversity and systematics of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). *Biology of skates*, 27, 5-18.
- Ebert, D. A., Compagno, L. J. & Cowley, P. D. (2008). Aspects of the reproductive biology of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei) from southern Africa. *ICES Journal of Marine Science*, 65(1), 81-102.
- Ebert, D. A., Cowley, P. D. & Compagno, L. J. V. (1991). A preliminary investigation of the feeding ecology of skates (Batoidea: Rajidae) off the west coast of southern Africa. *South African Journal of Marine Science*, 10(1), 71-81.
- Elliott, S. A., Bearup, D., Carpentier, A., Larivain, A., Trancart, T. & Feunteun, E. (2020). Evaluating the effectiveness of management measures on skates in a changing world. *Biological Conservation*, 248, 108684.
- Estes, J. A., Terborgh, J., Brashares, J. S., Power, M. E., Berger, J., Bond, W. J., ... & Wardle, D. A. (2011). Trophic downgrading of planet Earth. *Science*, 333(6040), 301-306.
- Ferretti, F., Myers, R. A., Serena, F. & Lotze, H. K. (2008). Loss of large predatory sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology*, 22(4), 952-964.
- Ferretti, F., Worm, B., Britten, G. L., Heithaus, M. R. & Lotze, H. K. (2010). Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology letters*, 13(8), 1055-1071.
- Follesa, M. C., Cannas, R., Cabiddu, S., Cau, A., Mulas, A., Porcu, C. & Cau, A. (2012). Preliminary observations of the reproductive biology and diet for the Norwegian skate *Dipturus nidarosiensis* (Rajidae) from the Central Western Mediterranean Sea. *Cybium*, 36(3), 473-477.

Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & R. van der Laan (eds) 2023. ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 23.8. 2023.

Frodella, N., Cannas, R., Velonà, A., Carbonara, P., Farrell, E. D., Fiorentino, F., ... & Cariani, A. (2016). Population connectivity and phylogeography of the Mediterranean endemic skate *Raja polystigma* and evidence of its hybridization with the parapatric sibling *R. montagui*. Marine Ecology Progress Series, 554, 99-113.

Froese, R. & D. Pauly. Editors. 2023. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), (6/2023).

García, V. B., Lucifora, L. O. & Myers, R. A. (2008). The importance of habitat and life history to extinction risk in sharks, skates, rays and chimaeras. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 275(1630), 83-89.

Gray, J. S. (1974). Animal-sediment relationships. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 12, 223-261.

Hanner, R., Becker, S., Ivanova, N. V. & Steinke, D. (2011). FISH-BOL and seafood identification: Geographically dispersed case studies reveal systemic market substitution across Canada. Mitochondrial DNA, 22(sup1), 106-122.

Herbert, A. M., Dean, M. N., Summers, A. P. & Wilga, C. D. (2022). Biomechanics of the jaws of spotted ratfish. Journal of Experimental Biology, 225(16), jeb243748.

Holden, M. J. & Tucker, R. N. (1974). The food of *Raja clavata* Linnaeus 1758, *Raja montagui* Fowler 1910, *Raja naevus* Müller and Henle 1841 and *Raja brachyura* Lafont 1873 in British waters. ICES Journal of Marine Science, 35(2), 189-193.

Hunter, E., Buckley, A. A., Stewart, C. & Metcalfe, J. D. (2005a). Migratory behaviour of the thornback ray, *Raja clavata*, in the southern North Sea. JMBA-Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 85(5), 1095-1106.

Hunter, E., Buckley, A. A., Stewart, C. & Metcalfe, J. D. (2005b). Repeated seasonal migration by a thornback ray in the southern North Sea. JMBA-Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 85(5), 1199-1200.

Hutchings, J. A., Myers, R. A., García, V. B., Lucifora, L. O. & Kuparinen, A. (2012). Life-history correlates of extinction risk and recovery potential. *Ecological Applications*, 22(4), 1061-1067.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Available online: <https://www.iucnredlist.org/en> (pristupljeno 30. srpnja 2023.)

Jacob, B. A., McEachran, J. D. & Lyons, P. L. (1994). Electric organs in skates: variation and phylogenetic significance (Chondrichthyes: Rajoidei). *Journal of Morphology*, 221(1), 45-63.

Jones, K. M. M., Fitzgerald, D. G. & Sale, P. F. (2002). Comparative ecology of marine fish communities. *Handbook of Fish Biology and Fisheries: Fish Biology*, 1, 341-358.

Justić, D. (1991). Hypoxic conditions in the northern Adriatic Sea: historical development and ecological significance. *Geological Society, London, Special Publications*, 58(1), 95-105.

Kovačić, M. & Dulčić, J. (2020). Ihtiofauna Jadranskoga mora. *Golden marketing-Tehnička knjiga - Institut za oceanografiju i ribarstvo*, 107-123.

Kuhnz, L. A., Bizzarro, J. J. & Ebert, D. A. (2019). In situ observations of deep-living skates in the eastern North Pacific. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 152, 1-11.

Last, P. R. & Gledhill, D. C. (2007). The Maugean skate, *Zearaja maugeana* sp. nov. (Rajiformes: Rajidae) – a micro endemic Gondwanan relict from Tasmanian estuaries. *Zootaxa*, 1494(65), 45-65.

Last, P. R., Séret, B., Stehmann, M. F. W. & Weigmann, S. (2016). Family Rajidae. Rays of the World. CSIRO Publishing, Clayton South VIC, 204-363.

Marine Conservation Institute. (2023). Marine Protection Atlas. <https://mpatlas.org/> (pristupljeno 30. 8. 2023.)

Martin, R. Aidan. 2023. Batoids: Order Rajiformes: Skates — 257 to 275 species. World Wide Web Publication, [www.elasmo-research.org/education/shark\\_profiles/rajiformes.htm](http://www.elasmo-research.org/education/shark_profiles/rajiformes.htm)

Maruska, K. P. & Tricas, T. C. (1998). Morphology of the mechanosensory lateral line system in the Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina*: The mechanotactile hypothesis. *Journal of Morphology*, 238(1), 1-22.

McComb, D. M. (2009). Visual adaptations in sharks, skates and rays. Florida Atlantic University, 37-53.

- McCully, S. R., Scott, F. & Ellis, J. R. (2012). Lengths at maturity and conversion factors for skates (Rajidae) around the British Isles, with an analysis of data in the literature. *ICES Journal of Marine Science*, 69(10), 1812-1822.
- McEachran, J. D. & Dunn, K. A. (1998). Phylogenetic analysis of skates, a morphologically conservative clade of elasmobranchs (Chondrichthyes: Rajidae). *Copeia*, 1998(2), 271-290.
- McEachran, J. D., Dunn, K. A. & Miyake, T. (1996). Chapter 4 – Interrelationships of the batoid fishes (Chondrichthyes: Batoidea). Academic Press, 63-84.
- McEachran, J. D. & Konstantinou, H. (1996). Survey of the variation in alar and malar thorns in skates: phylogenetic implications (Chondrichthyes: Rajoidei). *Journal of Morphology*, 228(2), 165-178.
- Mendez L., Bacquet A. & F. Briand. 2022. Guide of Mediterranean Skates and Rays. [www.ciesm.org/Guide/skatesandrays/](http://www.ciesm.org/Guide/skatesandrays/) (pristupljeno 25. kolovoza 2023.)
- Milišić, N. (1994). Sva riba Jadranskog mora. Niva, 1-463.
- Miyake, T. & McEachran, J. D. (1991). The morphology and evolution of the ventral gill arch skeleton in batoid fishes (Chondrichthyes: Batoidea). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 102(1), 75-100.
- Moller, P. (1995). *Electric fishes: History and behavior* (1st ed). Chapman & Hall, 1-584.
- Musick, J. A. & Cotton, C. F. (2015). Bathymetric limits of chondrichthyans in the deep sea: a re-evaluation. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 115, 73-80.
- Mytilineou, C., Politou, C., Papaconstantinou, C., Kavadas, S., Donghia, G. & Sion, L. (2005). Deep-water fish fauna in the Eastern Ionian Sea. *Belgian journal of zoology*, 135(2), 229-233.
- New, J. G. (1994). Electric organ discharge and electrosensory reafference in skates. *The Biological Bulletin*, 187(1), 64-75.
- Notarbartolo di Sciara, G. & Bianchi, I. (1998). Guida degli squali e delle razze del Mediterraneo. F. Muzzio, 1-388.
- Pasquino, A. F., Vaske-Júnior, T., Gadig, O. B. & Barreiros, J. P. (2011). Notes on the feeding habits of the skate *Rioraja agassizi* (Chondrichthyes, Rajidae) off southeastern Brazil. *Cybium—International Journal of Ichthyology*, 35(2), 105-109.

- Porcu, C., Bellodi, A., Cau, A., Cannas, R., Marongiu, M. F., Mulas, A. & Follesa, M. C. (2020). Uncommon biological patterns of a little known endemic Mediterranean skate, *Raja polystigma* (Risso, 1810). *Regional Studies in Marine Science*, 34, 101065.
- Ricci, P., Sion, L., Capezzuto, F., Cipriano, G., D'onghia, G., Libralato, S., ... & Carlucci, R. (2021). Modelling the trophic roles of the demersal Chondrichthyes in the Northern Ionian Sea (Central Mediterranean Sea). *Ecological Modelling*, 444, 109468.
- Serena, F., Abella, A. J., Bargnesi, F., Barone, M., Colloca, F., Ferretti, F., ... & Moro, S. (2020). Species diversity, taxonomy and distribution of Chondrichthyes in the Mediterranean and Black Sea. *The European Zoological Journal*, 87(1), 497-536.
- Sisneros, J. A. & Tricas, T. C. (2002). Ontogenetic changes in the response properties of the peripheral electrosensory system in the Atlantic stingray (*Dasyatis sabina*). *Brain behavior and evolution*, 59(3), 130-140.
- Stehmann, M. F. W., Bürkel, D. L., Whitehead, P. J., Bauchot, M. L., Hureau, J. C. & Tortonese, E. (1984). Rajidae. *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO, 373-385.
- Stein, R. W., Mull, C. G., Kuhn, T. S., Aschliman, N. C., Davidson, L. N., Joy, J. B., ... & Mooers, A. O. (2018). Global priorities for conserving the evolutionary history of sharks, rays and chimaeras. *Nature ecology & evolution*, 2(2), 288-298.
- Steven, G. A. (1932). Rays and skates of Devon and Cornwall. II. A study of the fishery; with notes on the occurrence, migrations and habits of the species. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 18(1), 1-33.
- Steven, G. A. (1936). Migrations and growth of the thornback ray (*Raia clavata* L.). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 20(3), 605-614.
- Stevens, J. D., Bonfil, R., Dulvy, N. K. & Walker, P. A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57(3), 476-494.
- Tesi, T., Misericocchi, S., Goni, M. E. A., Langone, L., Boldrin, A. & Turchetto, M. (2007). Organic matter origin and distribution in suspended particulate materials and surficial sediments from the western Adriatic Sea (Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3-4), 431-446.

- Tinti, F., Ungaro, N., Pasolini, P., De Panfilis, M., Garoia, F., Guarniero, I., ... & Piccinetti, C. (2003). Development of molecular and morphological markers to improve species-specific monitoring and systematics of Northeast Atlantic and Mediterranean skates (Rajiformes). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 288(2), 149-165.
- Trincardi, F., Cattaneo, A., Asioli, A., Correggiari, A. & Langone, L. (1996). Stratigraphy of the late-Quaternary deposits in the central Adriatic basin and the record of short-term climatic events. *Memorie-Istituto Italiano di Idrobiologia*, 55, 39-70.
- UNEP-MAP-RAC/SPA. (2015). Adriatic Sea: Ecology (draft report). Regional Activity Centre for Specially Protected Areas. [https://rac-spa.org/nfp12/documents/information/wg.408\\_inf14\\_eng.pdf](https://rac-spa.org/nfp12/documents/information/wg.408_inf14_eng.pdf)
- Valsecchi, E., Pasolini, P., Bertozzi, M., Garoia, F., Ungaro, N., Vacchi, M., ... & Tinti, F. (2005). Rapid Miocene–Pliocene dispersal and evolution of Mediterranean rajid fauna as inferred by mitochondrial gene variation. *Journal of Evolutionary Biology*, 18(2), 436-446.
- Villagra, D., Van Bogaert, N., Ampe, B., Walker, P. & Uhlmann, S. S. (2022). Life-history traits of batoids (Superorder Batoidea) in the Northeast Atlantic and the Mediterranean. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 32(2), 473-495.
- Vrdoljak, L., Režić, M. & Petričević, I. (2021). BATIMETRIJSKA I GEOLOŠKA SVOJSTVA JADRANSKOGA MORA. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 36(2), 93-107.
- Walker, P., Howlett, G. & Millner, R. (1997). Distribution, movement and stock structure of three ray species in the North Sea and eastern English Channel. *ICES Journal of Marine Science*, 54(5), 797-808.
- Wheeler, A. C. (1978). Key to the fishes of northern Europe: A guide to the identification of more than 350 species. F. Warne, 1-380.
- White, W. T. & Last, P. R. (2012). A review of the taxonomy of chondrichthyan fishes: a modern perspective. *Journal of Fish Biology*, 80(5), 901-917.
- Yığın, C. & Ismen, A. (2010). Age, growth, reproduction and feed of longnosed skate, *Dipturus oxyrinchus* (Linnaeus, 1758) in Saros Bay, the north Aegean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 26(6), 913-919.
- Young, J. Z. (1962). *The Life of Vertebrates* (2nd ed.). Oxford University Press, 1-820.



## **7. ŽIVOTOPIS**

Rođena sam 26. lipnja 2001. godine u Dubrovniku, gdje sam završila Osnovnu školu Lapad 2016. godine i iste godine upisala Prirodoslovno-matematičku gimnaziju Dubrovnik. Kroz srednjoškolsko obrazovanje sam volontirala i radila u Crvenom križu. Srednju školu sam završila 2020. godine i upisala Preddiplomski sveučilišni studij Biologija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.