

# Analiza probavila na prisutnost mikroplastike u ciplu (Chelon auratus) s područja Sjevernog Jadrana

---

**Turković, Davorka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*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:137:779268>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-19**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Sveučilišni prijediplomski studij Znanost o moru

Davorka Turković

Analiza probavila na prisutnost mikroplastike u ciplu (*Chelon  
auratus*) s područja Sjevernog Jadrana

Završni rad

Pula, rujan, 2024. godine

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Sveučilišni prijeiplomski studij Znanost o moru

Davorka Turković

# Analiza probavila na prisutnost mikroplastike u ciplu (*Chelon auratus*) s područja Sjevernog Jadrana

Završni rad

JMBAG: 03160019485 ... Redoviti student

Studijski smjer: Prijediplomski studij Znanost o moru

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Predmet: Mikrobiologija

Mentor: izv. prof. dr. sc. Emina Pustijanac

Komentor: dr.sc. Neven Iveša

Pula, rujan, 2024. godine

## Sadržaj:

Kratice:.....	1
1. Uvod .....	2
1.1. Svojstva i štetno djelovanje MP na organizme i okoliš .....	3
1.2. Mugilidae spp. - Cipli.....	6
1.2.1. Obilježja vrsta cipli u Jadranskom moru.....	9
1.3 Cilj rada.....	12
2. Materijali i metode.....	12
2.1. Područje istraživanja .....	12
2.2. Prikupljanje uzoraka .....	13
2.3. Laboratorijska obrada uzoraka .....	14
3. Rezultati.....	17
3.1. Brojnost filamenata MP u uzorcima po mjesecima ulova .....	17
3.2. Udio boja MP u uzorcima .....	18
3.3. Brojnost MP u uzorcima obzirom na uvjete rada u laboratoriju .....	19
3.4. Prednosti i nedostaci metode .....	20
4. Rasprava .....	22
5. Zaključak .....	24
6. Literatura .....	25
6.1. Popis slika i tablica .....	28
7. Sažetak.....	29
8. Abstract .....	30

## Kratice:

MP- Mikro plastika (eng. *Microplastic*)

Sur. – Suradnici

PVC – Poli(vinil-klorid) (eng. „*Polyvinyl chloride*“)

PS – Poli-siren (eng. „*Polystyrene*“)

PP – Polipropen (eng. „*Polypropylene*“)

PE – Polietilen (eng. „*Polyethylene*“)

PET – Poli(etilen-tereftalat) (eng. „*Polyethylene terephthalate*“)

PAH – Policiklički aromatski ugljikovodici (eng. „*Polycyclic aromatic hydrocarbons*“)

PBC – Poliklorirani bifenil (eng. „*Polychlorinated biphenyl*“)

HCH – Heksaklorcikloheksan (eng. „*Hexachlorocyclohexane*“)

DDT – Diklordifeniltrikloretnan (eng. „*Dichlorodiphenyltrichloroethane*“)

SEM – Skenirajući elektronski mikroskop

FTIR – Furier-transform infrared spektrofotometar

POM – Partikularna organska tvar (eng. „*Particular organic matter*“)

BC – Kontrolni uzorak (eng. „*Blanc control*“)

FB – Vlakno (eng. „*Fibers*“)

MSFD – Okvirna direktiva o morskoj strategiji (eng. „*Marine Strategy Framework Directive*“)

MARPOL – Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s broda

REACH – Registracija, evaluacija, autorizacija i restrikcija kemikalija ( eng. „*Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals*“)

# Uvod

Mikroplastika (MP) je naziv za plastičnu veličinsku frakciju koje obuhvaćaju: plastiku femto (0,02-0,2  $\mu\text{m}$ ), piko (0,2-2,0  $\mu\text{m}$ ), nano (2-20  $\mu\text{m}$ ) i mikro (20-200  $\mu\text{m}$ ) veličina čestica (Bermudez i Swarzenski, 2021). Ona u današnje vrijeme predstavlja oblik zagađenja koji se prvi put spominje 1970-ih godina, no na važnosti dobiva tek početkom 2004. godine kada je po prvi put pronađena u moru, a potom i u hrani (Rhodes, 2018). Utvrđeno je da je eksponencijalni rast i akumulacija makroplastike pa tako i MP u okolišu pozitivno koreliran s eksponencijalnim rastom ljudske populacije, industrijalizacijom, neodrživim upravljanjem otpadom, ali i zbog činjenice da nije biološki razgradiva te njena prisutnost u svim ekosustavima postaje stalna (Jambeck i sur., 2015). Prema nastanku, MP dijelimo na primarnu i sekundarnu. Primarna mikroplastika se uglavnom odnosi na MP proizvedenu u sitnom obliku za razne primjene u kozmetici ili u sredstvima za uklanjanje hrđe ili boje, dok je sekundarna MP rezultat fizičkog ili mehaničkog usitnjavanja većih komada plastike pri čemu kemijska svojstva plastike ostaju ista (Barnes i sur., 2009). Budući da plastika, pa tako i MP nije biorazgradiva ona svojim usitnjavanjem postaje opasna po morske organizme. Mnogi morski organizmi mogu izravno – gutanjem ili neizravno – filtriranjem zooplanktonskih svojti koje su ranije u sebe unijele MP potaknuti bioakumulaciju te bimagifikaciju MP i njenih loših svojstava kroz trofičke razine koja će u konačnici završiti u čovjeku (Ryan, 1988). Na obim ovog problema ukazuje i istraživanje Sveučilišta u Plymouthu gdje su Eriksen i sur. (2015.) vaganjem više od 5 trilijuna komada plastike izvađene iz mora došli do zaključka da oko 270 000 tona plastike pluta oceanima i ugrožava oko 700 vrsta morskih organizama. U početku se zakonodavstvo i gospodarenje otpadom odnosilo isključivo na makroplastiku jer je ona oku vidljiva, no uslijed recentnih saznanja o opasnosti MP i njenom kruženju u prirodi sve se više znanstvenika posvećuje razvijanju metoda monitoringa MP radi praćenja i detaljnije procjene utjecaja na okoliš i organizme. Jedan od mogućih načina biomonitoringa je uvođenje indikatorskog organizma. Za ovakav tip procjene, poželjno je da indikatorski organizam bude kozmopolitska vrsta/porodica, lako dostupna vrsta/porodica te bi se morao hraniti sitnom frakcijom (<5mm) partikularne organske tvari (Prokić i sur., 2019). Reboa i sur. (2022.) su u svom radu predložili sve članove porodice Mugilidae kao bioindikatorske organizme za praćenje MP u

morskom okolišu te su uz to naglasili da su i sesilni filtratorski organizmi poput dagnji i ugrožene vrste poput glavate želve (*Caretta caretta*) također korisni bioindikatori.

## 1.1. Svojstva i štetno djelovanje MP na organizme i okoliš

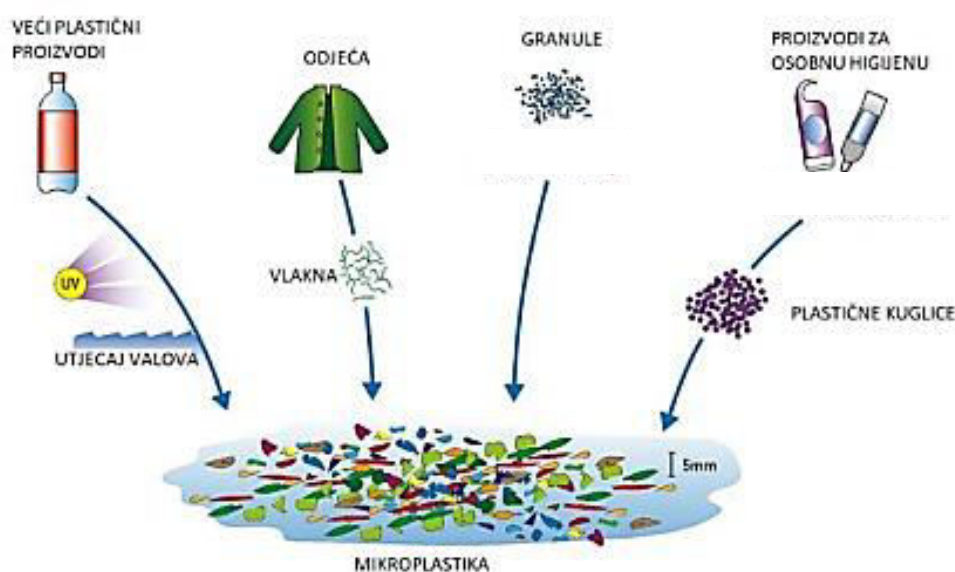
Mikroplastika je produkt mehaničke ili fizikalne degradacije plastike, odnosno organskog, stabilnog, polimernog materijala koji se uglavnom dobivaju obradom fosilnih goriva. Najčešći polimeri koji ulaze u sastav plastike su; poli etilen-tereftalat-PET, poli(vinil-klorid)-PVC, polietilen-PE, polipropen-PP, poliamid-PA i polistiren-PS. Svi su stabilni i teško razgradivi, ali pri dužoj izloženosti može doći do trovanja zbog prisustva raznih biocida, aditiva, pigmenata, antioksidansa, spojeva arsena, kadmija i olova, ftalata i mnogih drugih toksičnih spojeva (Sun i sur., 2019). Thompson i sur. (2004.) su godine u svom radu prvi put upotrijebili pojam “mikroplastika” kako bi opisali mikroskopske komade plastike pronađene u morskom okolišu. Od tada je definicija termina “mikroplastika” proširena te se primjenjuje na sve fragmente plastike manje od pet milimetara. MP se može okarakterizirati fizikalno i kemijski. Fizička karakterizacija se odnosi na veličinu, boju i oblik MP, (Slika 1), a kemijska na sastav MP te zahtjeva primjenu raznih uređaja poput Raman spektrofotometra, skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM), Furier-transform infrared spektrofotometra (FTIR) te razne druge (Andrady, 2010).



Slika 1. Razni oblici, veličine i boje mikroplastike.

(Raspoloživo na poveznici <https://www.bib.irb.hr:8443/1217308> )

Sva plastika i MP proizvedena na kopnu u 70 % slučajeva završi u moru ili obalnim područjima iz raznih izvora poput; kanalizacijskih ispusta, atmosfere, ispiranja tla, riječnim tokovima odbacivanjem ribarskih mreža i/ili direktnim bacanjem u more – ljudski nemar. Čest izvor plastike u moru je ambalaža, ali i sadržaj raznih sredstava široke potrošnje za osobnu higijenu (Slika 2), detergenata, granule koje se koriste u industriji, sintetička vlakna s odjeće te veći plastični proizvodi koji pod utjecajem valova i UV zračenja se postepeno usitnjavaju (Thompson i sur., 2009).



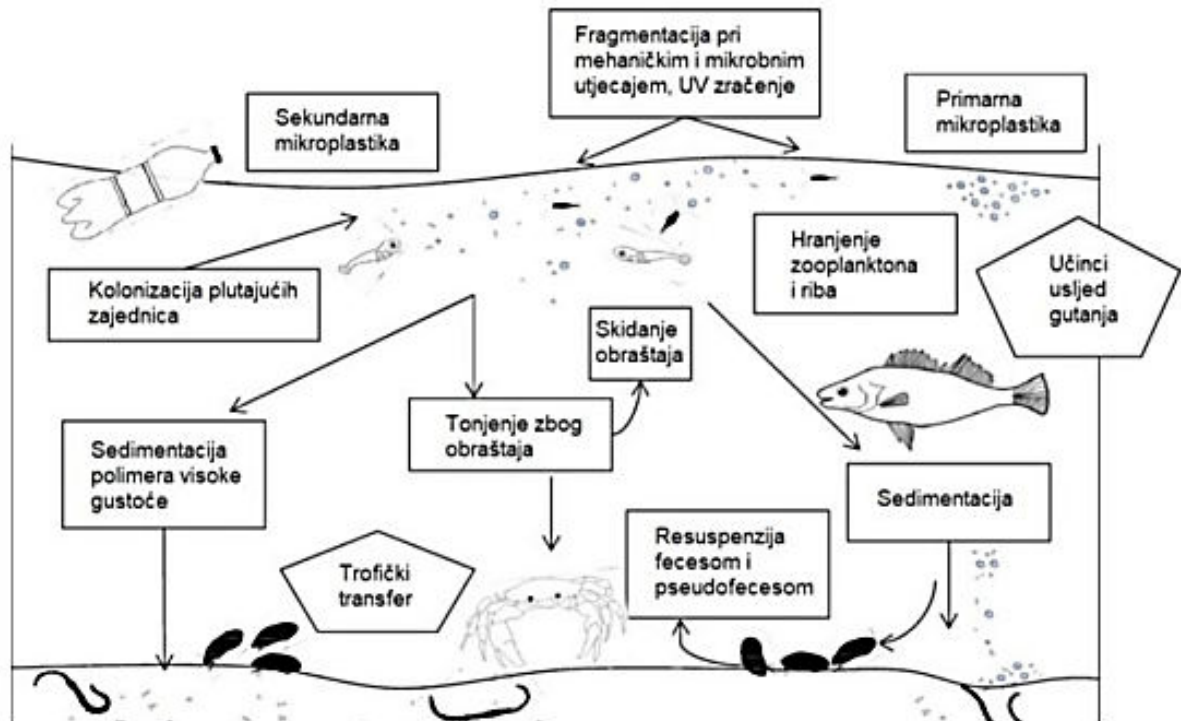
Slika 2. Izvori mikroplastike u moru.

(Raspoloživo na poveznici: <https://encounteredu.com/multimedia/images/sources-of-microplastics> )

Ono što MP čini toliko toksičnom i opasnom po organizme i ekosustave je njena mogućnost adsorpcije raznih štetnih tvari i organizama te tako olakšava ulazak istih u druge organizme. Adsorbenti na površini MP mogu biti razni teški metali, patogeni, organska onečišćivala poput policikličkih aromatičnih ugljikovodika (PAH), polikloriranih bifeniola (PBC), diklordifeniltrikloretana (DDT), heksaklorcikloheksana (HCH) i mnoge druge štetne tvari (Silva i sur., 2018). Adsorpcija na MP ovisi o njenoj vrsti, strukturi, starosti, blizini onečišćujućih tvari, omjeru površine i volumena, polarnosti i o uvjetima u okolišu. Akumulacija MP u moru (Slika 3) također utječe na akumulaciju MP u živim organizmima – bioakumulaciju potiče biomagnifikaciju MP te time njen nepredvidivi štetni učinak eksponencijalno raste i ugrožava ekosustave (Crawford i Quinn, 2017). Tijekom unosa MP može ozlijediti riblji usni aparat, crijeva,



škrge ili druge organe svojim oštrim rubovima te može izazvati razne štetne biološke učinke u organizmu poput imunoloških i neuroloških oštećenja, oksidativni stres, oštećenja DNA, poremećaje u metabolizmu i dr.. Dokazana je veća opasnost MP ukoliko na svojoj površini sadrži adsorbiranu štetnu tvar te ovisno o koncentraciji i vrsti interakcije MP s drugim štetnim tvarima može izazvati lažnu zasićenost, umanjivajući sposobnost detoksikacije, algama ometa rast, razvoj i sposobnost fotosinteze, smanjuje reproduktivni učinak i životni vijek te translokaciju MP iz jednog tkiva u drugo što rezultira raznim upalama te mnoge druge poremećaje (Harmon, 2018; Prokić i sur., 2019). Veliku raširenost MP u morskim ekosustavima potvrđuje činjenica da je pronađena unutar cijelog vodenog stupca, u bentosu, čak i u najdubljim dijelovima oceana te predstavlja iznimnu prijetnju bioraznolikosti. MP se može pronaći u gotovo svim morskim organizmima od bakterija pa sve do najvećih morskih sisavaca, u komercijalnim vrstama riba, rakova i glavonožaca, u morskim algama, pitkoj vodi i zraku, a najnoviji pronalasci MP su upravo u krvožilnom sustavu čovjeka (Moore, 2008; Wright i Kelly, 2017; Hu i sur., 2024).

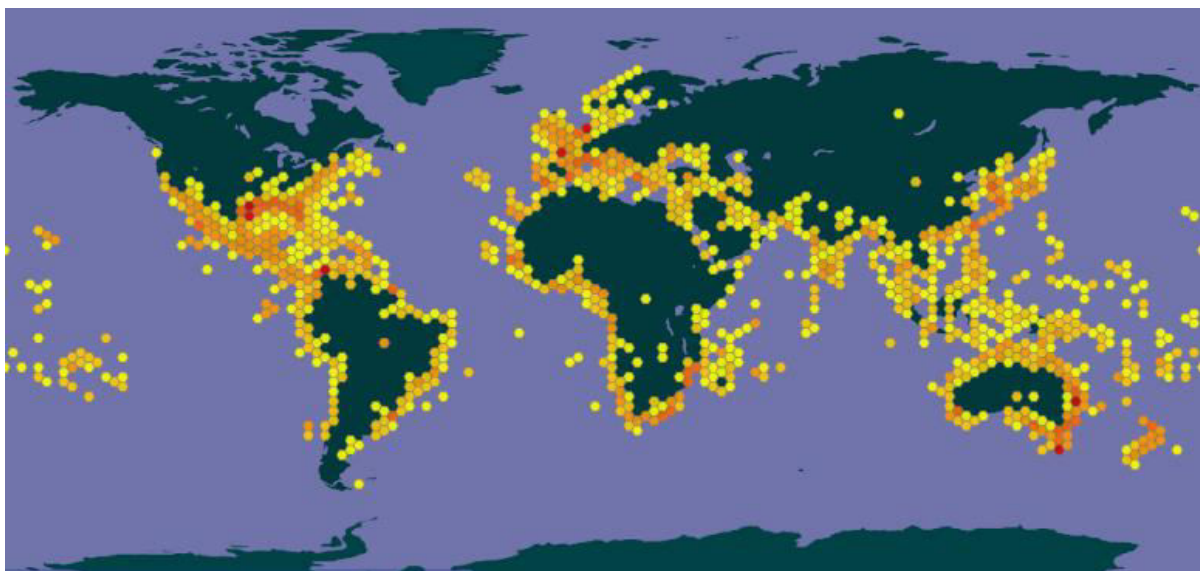


Slika 3. Prikaz bioakumulacije i biomagnifikacije MP u moru.

(Raspoloživo na poveznici: <https://zeleneprice.wordpress.com/2018/03/29/nasa-okolina-svetluca-od-plastike/> )

## 1.2. Mugilidae spp. - Cipli

Prema novo ažuriranom Eschmeyerovom ribljem katalogu, Fricke i sur. (2024) su objavili da se porodica Mugilidae, reda Mugiliformes, sastoji od 46 rodova i 78 potvrđenih vrsta u svijetu. Cipli su globalno rasprostranjene (Slika 4), katadromne, eurivalentne vrste koje uglavnom naseljavaju priobalje svih tropskih i umjerenih mora. Može ih se pronaći u slatkovodnim, morskim i bočatim vodama, a otkrivena je jedna vrsta - *Liza abu* (Heckel, 1843), koja živi isključivo u slatkovodnim ekosustavima i estuarijima (Luther, 1973).

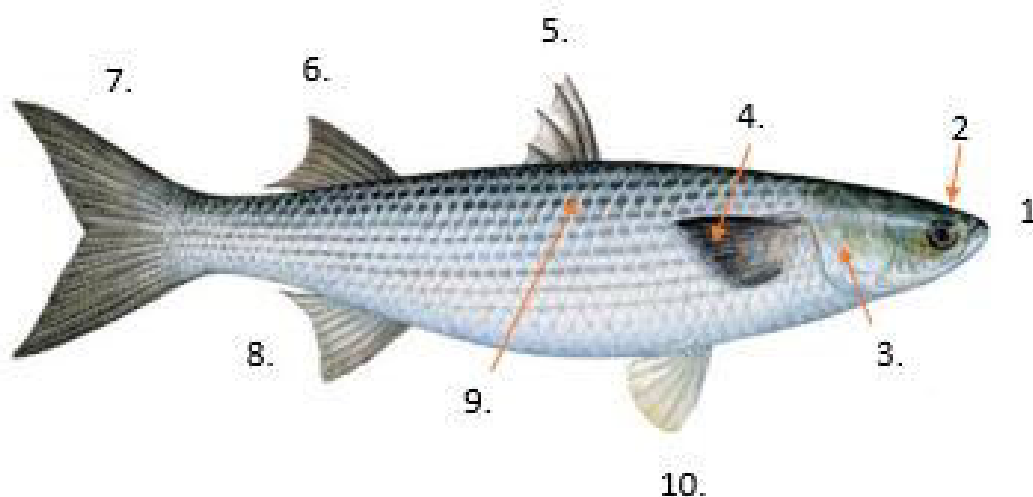


Slika 4. Prikaz rasprostranjenosti *Mugilidae spp.*

(Raspoloživo na poveznici: <https://www.gbif.org/species/8473> )

Cipli imaju prvu dorzalnu peraju s četiri trnaste spinalne bodlje, drugu dorzalnu peraju, široko razdvojene pelvične peraje, analne peraje, pektoralne peraje, operkulum, bočna pruga im je jedva uočljiva, zube uglavnom nemaju ili su im mali, tijelo im je valjkastog oblika, većinom su u nijansama sive boje, maksimalna duljina tijela im je oko 75 centimetara, a životni vijek oko 15 godina (Slika 5) (Nelson, 2006). Kreću se u plovama i preferiraju mirnu vodu te ih se zbog toga često viđa u estuarijima, marinama, zaljevima i zaštićenim uvalama. Reprodukcijski ciklus razlikuje se ovisno o vrsti, no za većinu vrsta započinje u ljetnom periodu i završava u zimskom izbacivanjem oviparnih, neljepljivih, pelagičkih jajašaca u more (Tablica

1). Juvenilne jedinke žive u obalnim, bočatim vodama dok odrasli cipli, ljeti žive u plitkom moru neritičke zone, a zimi se povlače na veće dubine (Ilkyaz i sur., 2006).



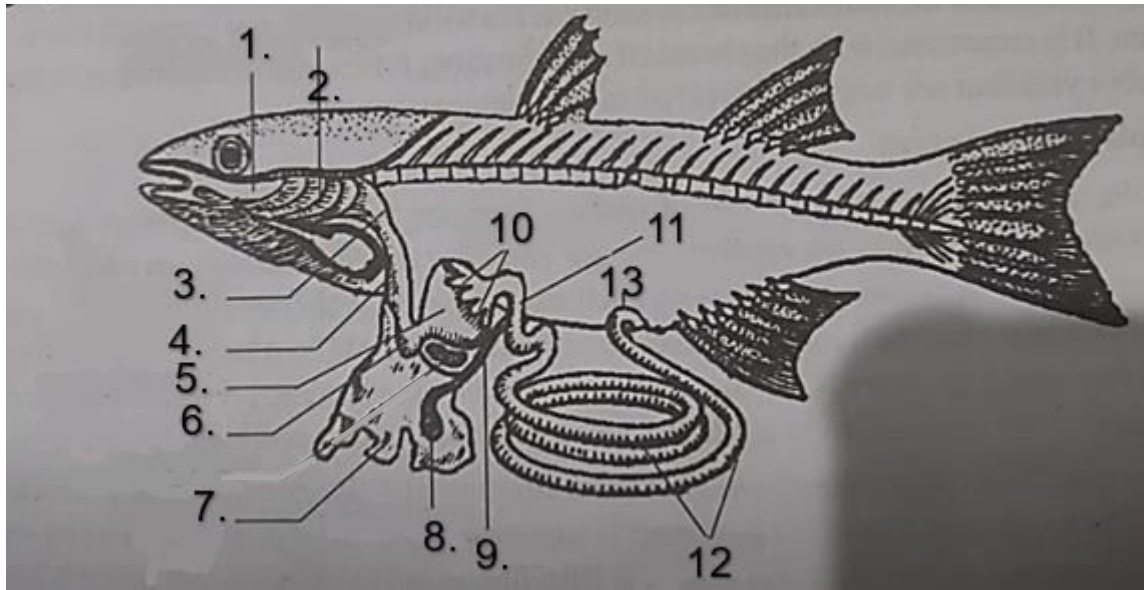
Slika 5. Osnovna morfološka obilježja cipla: 1. usta, 2. oko, 3. operkulum (škržni poklopac), 4. pektoralne peraje, 5. prva dorzalna peraja s četiri spinalne bodlje, 6. druga mekana dorzalna peraja, 7. repna peraja, 8. analne peraje, 9. bočna pruga, 10. pelvične peraje.

(Raspoloživo na: <http://spearfishing.ie/portfolio-view/grey-mullet/> )

Tablica 1. Vrste cipli u Jadranu i njihovo vrijeme mrijesta

Hrvatski naziv	Znanstveni naziv	Mrijest (mjeseci)
Cipal balavac	<i>Chelon ramada</i> (Risso, 1827)	od IX. do II..
Cipal plutaš	<i>Oedalechilus labeo</i> (Cuvier, 1829)	od VII. do X.
Cipal mržnjak	<i>Chelon saliens</i> (Risso, 1810)	od VI. do VIII.
Cipal bataš	<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	od VII. do IX.
Cipal putnik	<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827)	od I. do III.
Cipal zlatar	<i>Chelon auratus</i> (Risso, 1810)	od VII. do XI.

Hiatt je 1944. godine bio među prvima koji je proučavao način i sastav prehrane cipli. Nakon njega su mnogi pokušali isto u svrhu utvrđivanja položaja pojedine vrste cipla u trofičkoj mreži. Upravo različiti zaključci raznih istraživanja ukazuju na plastičnost načina hranjenja vrsta unutar obitelji *Mugilidae* (Almeida, 2003). Ciple su na početku smatrale herbivorima, a sada je poznato da su zapravo omnivori s preferencijom konzumiranja fitoplanktona i predacijom zooplanktonom – mikrorakovima (Brusle, 1981). Osim toga, mjesto hranjenja im ovisi o blizini izvora i veličini suspendirane partikularne organske tvari – POM. Utvrđeno je da u procesu hranjenja cipli odabiru čestice od 55 do 250 mikrometara, a hranu im uglavnom predstavlja detritus, bentoski mikrofagi, mikrofauna i meiofauna te dijatomeje i foraminifere (Almeida, 2003). Juvenilne jedinke se hrane mikrozooplanktonom, a odrasli preferiraju bentoske mikroalge. Prilikom hranjenja, cipli svojim sofisticiranim usnim aparatom stružu biofilm s podloge, ali s obzirom da spadaju u depozitne filtratore, također filtriraju i bentoski mikroplankton. Probava započinje usisom detritusa u bukalnu šupljinu gdje se pomoću faringalnih zubića, koji imaju ulogu filtratorskog aparata, odvaja sediment od hrane te se izbacuje kroz škrge i usta karakterističnim pokretima koji podsjećaju na iskašljavanje i pljuvanje. Pošto u usnoj šupljini nema žlijezda slinovnica prava digestija hrane započinje u želucu. Cipli imaju kratak i uzak jednjak koji na svom kraju, kojim se spaja na želudac, ima sfinkter jednjaka čija je uloga sprječavanje povrata hrane. Želudac se može podijeliti na dva dijela; kardijalni i pilorični. Anteriorni ili kardijalni dio želudca je tubularni organ tanke stijenke u kojemu započinje probava te je na posteriorni ili pilorični dio želudca povezan kardijalnim slijepim crijevom. Pilorični želudac je mišićni organ, globularnog oblika, debele stijenke te se još naziva i želučanim mlinom (eng. *gizzard*) jer služi za dodatno usitnjavanje hrane tvrdih stijenki poput foraminifera i dijatomeja. Želudac završava piloričnim nastavcima koji povećavaju površinu apsorpcije hranjivih tvari, a na njega se nastavlja kratki dvanaesnik u kojem se digestiraju ugljikohidrati i masti. Zatim slijedi veoma dug i smotan ileum, što je specifično za herbivore, unutar kojega se još jednom vrši apsorpcija hranjivih tvari u krv te se neprobavljive tvari nakupljaju u rektum i izbacuju kroz analni otvor. Osim probavnog kanala (Slika 6) u probavi sudjeluju i probavni sokovi želudca te jetre i žuči koji se preko žučovoda ispuštaju u ileum (Thomson, 1954; Whitfield i sur., 2012)



Slika 6. dijelovi probavnog kanala i probavne žlijezde cipla; 1. bukalna šupljina, 2. ždrijelo, 3. jednjak, 4. kardialni želudac, 5. pilorični želudac, 6. kardialno slijepo crijevo, 7. jetra, 8. žuč, 9. žučovod, 10. pilorični nastavci, 11. dvanaesnik, 12. ileum, 13. rektum (analni otvor).

(Raspoloživo na: <https://www.youtube.com/watch?v=3zOcmdj8WQI> )

### 1.2.1. Obilježja vrsta cipli u Jadranskom moru

U Jadranskom moru obitava 6 vrsti cipli; cipal bataš – *M. cephalus*, cipal putnik – *C. labrosus*, cipal zlatar – *C. auratus*, cipal balavac – *C. ramada*, cipal mržnjak – *C. saliens* i cipal plutaš – *O. labeo* (Antović i Simonović, 2006) (Slika 7). Ove su vrste međusobno različite, a neka od morfoloških obilježja po kojima se razlikuju su; obojenost tijela i peraja, veličina tijela, oblik i veličina glave i usana, položaj pektoralnih peraja, broj bočnih pruga, ljuskavost glavenog dijela i broj piloričkih želučanih nastavaka (Jardas, 1996). Iako vrste obitelji Mugilidae glase kao eurihaline, ta eurihalnost zavisi od vrste do vrste. Tako cipal bataš, zlatar, balavac i putnik, ovisno o mrijestu ili raspoloživosti hrane, migriraju u slatke ili bočate vode, cipal mržnjak zalazi isključivo u bočate vode te cipal plutaš uopće ne zalazi u slatke niti bočate vode (Garrod i Knights, 1979). Iako cipli nisu značajno traženi u gastronomiji, *M. cephalus* se stoljećima intenzivno uzgaja u raznim dijelovima svijeta poput; Italije, Egipta, Izraela, Tajvana, Hong Konga, Japana i Filipina te je ondje veoma cijenjen (Ignatius i sur., 2017). Cipli su važna biološka komponenta estuarijskih i obalnih ekosustava diljem svijeta, pa tako i u Jadranu. Predstavljaju

uobičajeni izvor hrane za veće vrste riba, ptica i morskih sisavaca. Cibal predstavlja ključnu vrstu u dinamici hranidbene mreže unutar plitkih i estuarnih ekosustava. Cipli su ujedno bentonski i površinski hranitelji što ih čini ekološki važnima za energetske tokove ekosustava estuarija, ali također povećava njihovu osjetljivost na gutanje MP (Cheung i sur., 2018).



Slika 7. Prikaz vrsta cipali u Jadranskom moru. Redom od gore prema dolje: cipal plutaš (*O. labeo*), cipal zlatar (*C. auratus*), cipal mržnjak (*C. salines*), cipala balavac (*C. ramada*), cipal putnik (*C. labrosus*) i cipal bataš (*M. Chepalus*).

(Raspoloživo na: <https://www.facebook.com/podvodni.hr/posts/1614550151964119/> )

## 1.3 Cilj rada

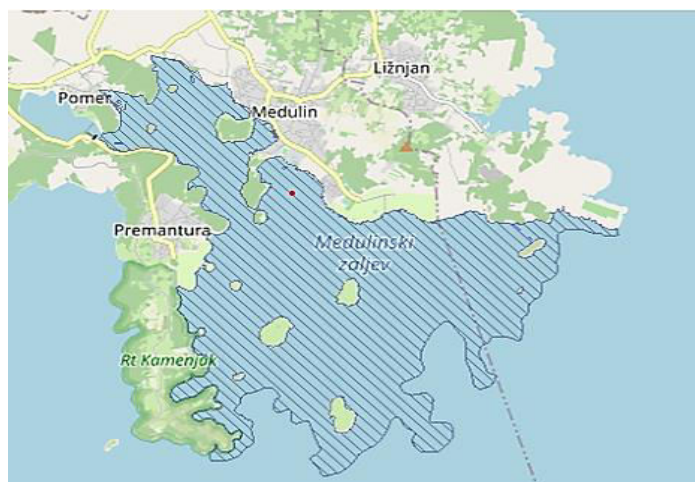
1. Utvrditi prisutnost mikroplastike u ciplima s područja zapadne obale Istre.
2. Sortirati i analizirati utvrđene čestice MP prema njihovim vizualnim svojstvima (boja i oblik).
3. Analizirati literaturne podatke o prisutnosti MP u ihtiofauni s naglaskom na porodicu Mugilidae.
4. Naglasiti važnost monitoringa mikroplastike u morskom okolišu–biomonitoring.

## 2. Materijali i metode

### 2.1. Područje istraživanja

Jedinke cipla zlatara (*C. auratus*) prikupljene su na jugu Istarskog poluotoka u Medulinskom zaljevu koji je smješten između rta Kamenjak i rta Marlera. Njegova površina je oko 22 km<sup>2</sup>, a od 2013. godine cijelo je područje Zaljeva ušlo u sastav Ekološke mreže NATURA 2000 što uključuje tri područja osobito važna za vrste i staništa (Medulinski zaljev, Zapadna obala Istre i Pomerski zaljev) te jedno područje od značaja za ptice (Zapadna obala Istre) (Slika 8). Unutar zaljeva se nalaze 4 značajna tipova staništa; livade posidonije, grebeni, velike plitke uvale i zaljevi te plitki pješčani sprudovi koji su cijelo vrijeme prekriveni vodom. Na području zaljeva nalazi se 9 otoka i otočića te poluotok Kašteja koji ujedno i dijeli zaljev na unutarnji i vanjski dio. Medulinski zaljev je relativno plitko područje (do najviše 30m dubine) što pogoduje razvoju zajednica filtratorskih organizama, osobito unutrašnji dio zaljeva gdje je i uspostavljena jedinica za uzgoj školjkaša, odnosno područje namijenjeno marikulturi. Važna bentonska komponenta Medulinskog zaljeva je prisutnost tiriju strogo zaštićenih morskih cvjetnica; čvoraste morske rese (*Cymodocea nodosa*), patuljaste sviline (*Zostera Noltii*) i posidonie (*Posidonia oceanica*) koje osim svoje primarne, fotosintetske, uloge imaju i ulogu staništa i rastališta za mnoge druge morske organizme te svojim isprepletenim rizomima štite obalu od erozije (European Economic Area, 2019; Kamenjak, 2023).





Slika 8. prikaz Medulinskog zaljeva. Iscrtno područje je pod zaštitom Natura 2000

(Raspoloživo na: <https://eunis.eea.europa.eu/sites/HR3000173#tab-designations> )

## 2.2. Prikupljanje uzoraka

Jedinke cipla zlatara prikupljene su u okviru ribolovnih aktivnosti lokalnih gospodarskih ribara koji ondje tokom cijele godine polažu obalne mreže stajačice čija veličina oka mahe na mrežnom tegu varira od 64 do 84 mm. Cipli su sakupljeni u periodu od ožujka 2020. godine do svibnja 2021. godine. Jedinke cipla zlatara izdvojene su iz ukupnog ulova u ručnim prijenosnim hladnjacima, dovedene u laboratorij Fakulteta prirodnih znanosti u Puli gdje su izvagane i izmjerene prilagođenim ihtiometrom (ukupna i standardna duljina) te im je izvađen cijeli probavni sustav, spremljen u staklene spremnike i zamrznut na  $-20^{\circ}\text{C}$  do daljnje analize (Slika 9.).

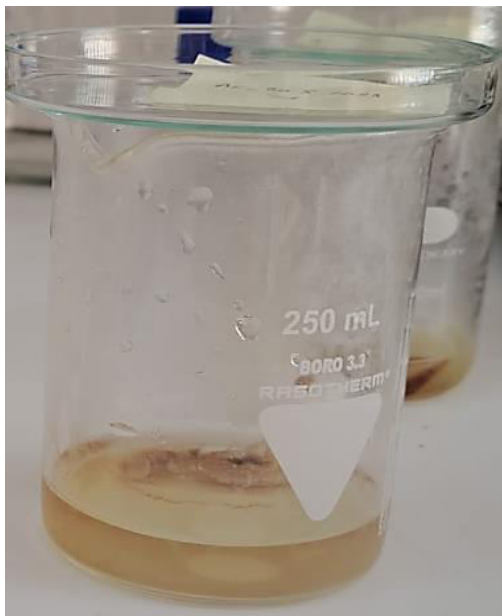


Slika 9. Prikaz označenog spremnika s probavilom uzorka (vrsta, datum i mjesto ulova).

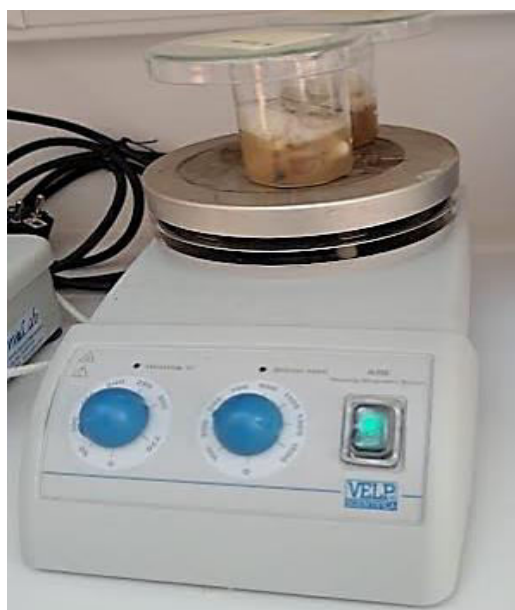
(Autor slike: E. Zanchi)

## 2.3. Laboratorijska obrada uzoraka

Prikupljeni uzorci dopremljeni su do laboratorija Fakulteta prirodnih znanosti u Puli gdje su bili skladišteni pri temperature od  $-20^{\circ}\text{C}$ . Nakon postepenog odmrzavanja na sobnoj temperaturi, uzorci su isprani pod vodom te stavljeni u staklene čaše u kojoj se nalazila ranije pripremljena 5% otopina KOH. U staklene čaše s uzorkom i KOH ubacio se magnetni štapić, čaša se pokrila petrijevom zdjelicom, označila te se stavila na magnetnu miješalicu –  $80^{\circ}\text{C}$ , 800-1000rpm (Slika 10 i Slika 11). Nakon potpune digestije, uzorak se vakum profiltrirao (Slika 12) kroz papirnati filter papir tipa Whatman GF/F i potom se filter papir s talogom pregledao pod lupom. Pregled uzorka pod lupom trajao je maksimalno 10 minuta kako bi se izbjegla kontaminacija zračnim putem. Kontaminaciju iz zraka se smanjivala “praznom kontrolom” – BC (eng. *Blanc Control*) te nošenjem pamučne robe, laboratorijske kute i pokrivala za glavu. Kontrolni uzorak je namočen filter papir zatvoren u petrijevoj zdjelici koju se razotkrivalo svaki put kada je uzorak bio u doticaju sa zrakom, odnosno za vrijeme ispiranja probavila, filtriranja i tokom mikroskopiranja. Nakon mikroskopiranja uzorka, pod lupom bi se pogledala i BC radi okvirne procjene moguće kontaminacije uzorka MP-om iz zraka. Uočeni filament MP-e su izbrojani i zabilježeni u programu Microsoft Excel 2020 gdje su zabilježeni veličina i boja MP te je izračunata njihova brojčana zastupljenost po jedinki i po mjesecima.



Slika 10. Uzorak probavila u otopini KOH.



Slika 11. Digestija uzoraka na magnetskoj miješalici.



Slika 12. Posložena aparatura za vakuum filtraciju; Büchnerov lijevjak, filter papir, boca za odsisavanje,

odvodna i dovodna cijev.

Tokom pregleda uzoraka pod lupom (Slika 13), plastika se isticala bojom poput crvene i plave (Slika 14.). Filamentima za koje je postojala nesigurnost oko podrijetla se pomoću igle ili pincete testirala čvrstoća, lomljivost ili se dodavala organska boja kako bi se zaključilo radi li se o plastici ili o organskom materijalu.



Slika 13. Izgled uzorka nakon filtracije.



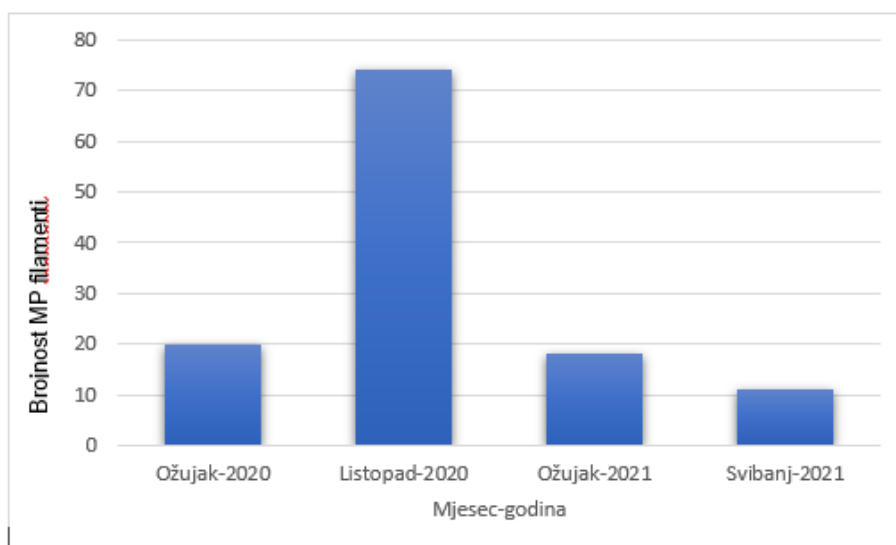
Slika 14. Izgled plavih MP filamenata pod lupom (BC).

### 3. Rezultati

Jedinke cipla zlatara prikupljene su okviru ribolovnih aktivnosti malog obalnog ribolova u periodu od ožujka 2020. do svibnja 2021. godine uz primjenu jednostrukih mreža stajaćica veličine mrežnog tega od 80 mm. Prosječna masa analiziranih jedinki bila je 501,24 g, a prosječna vrijednost ukupne duljine (TL) iznosila je 40,55 cm.

#### 3.1. Brojnost filamenata MP u uzorcima po mjesecima ulova

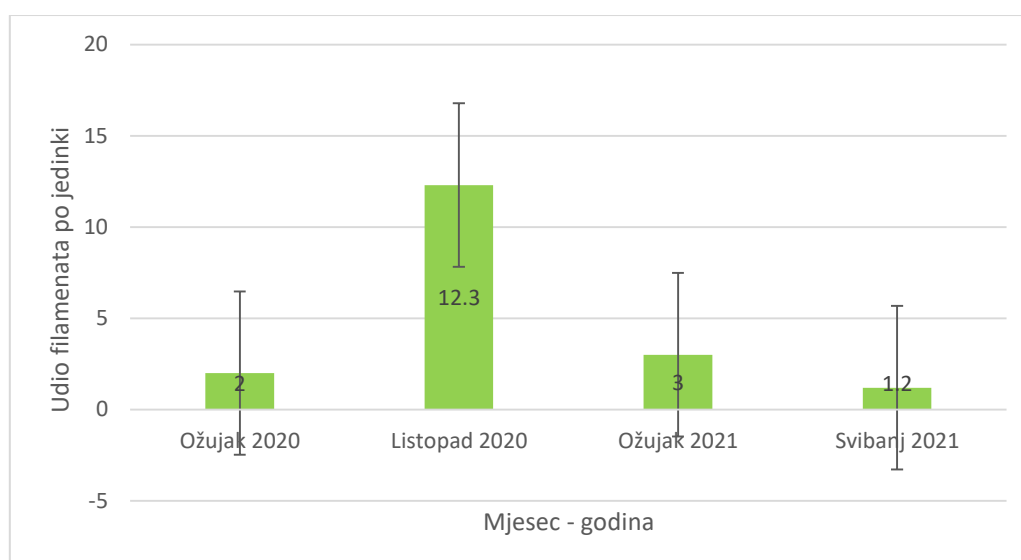
U istraživanom periodu analizirana je 31 jedinka cipla zlatara s time daje u ožujku 2020. godine, ulovljeno 10 uzoraka unutar kojih je pronađeno 20 filamenata MP, u listopadu 2020. godine 6 uzoraka unutar kojih je pronađeno 74 filamenata MP, u ožujku 2021. godine 6 uzoraka u kojima je pronađeno 18 filamenata MP te je u svibnju 2021. godine 9 jedinki unutar kojih je pronađeno 11 filamenata MP. Ukupno je ulovljeno 31 jedinki cipla zlatara unutar kojih je pronađeno ukupno 123 filamenata MP. Na slici 15 prikazan je grafički prikaz brojnosti utvrđenih filamenata mikroplastike u mjesecima uzorkovanja.



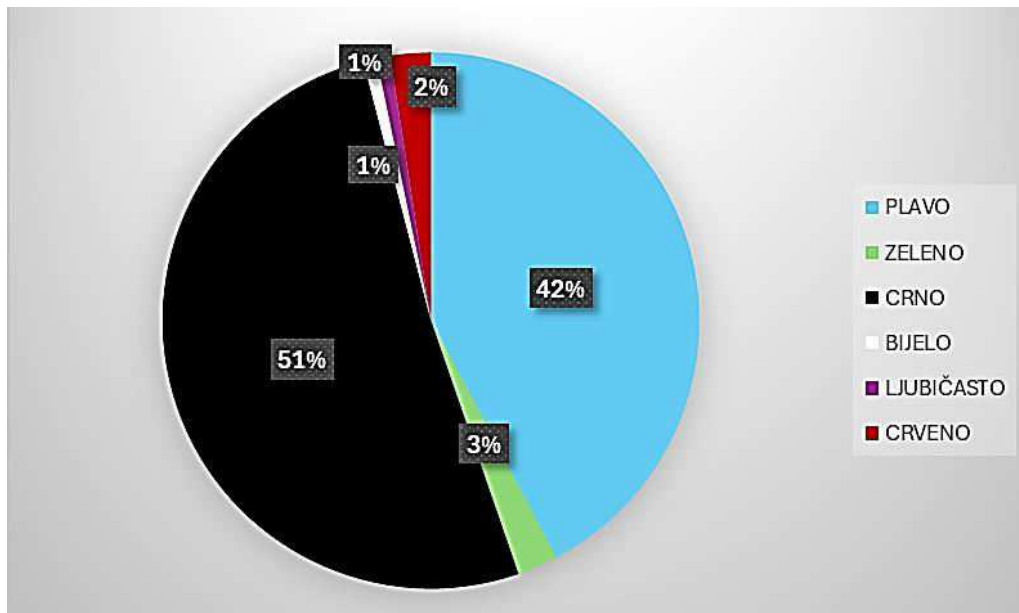
Slika 15. Brojnost MP u uzorcima cipli prema mjesecima ulova (ožujak 2020 – 10 jedinki, listopad 2020 – 6 jedinki, ožujak 2021 – 6 jedinki, svibanj 2021 – 9 jedinki).

### 3.2. Udio boja MP u uzorcima

Nakon obrade podataka, utvrđeno je da se u 31 uzorku *C. auratus* nalazilo 123 filamenata MP, što je u prosjeku 4 (3.96) filamenata MP po jedinki (Slika 16). Najviše filamenata MP bilo je crne boje - 63 (51 %), zatim slijedi plava boja 52 (42 %), potom zelena boja 3 (3 %), crvena boja 3 (2 %) te najmanje bijele i ljubičaste 1 (1 %) (Slika17).



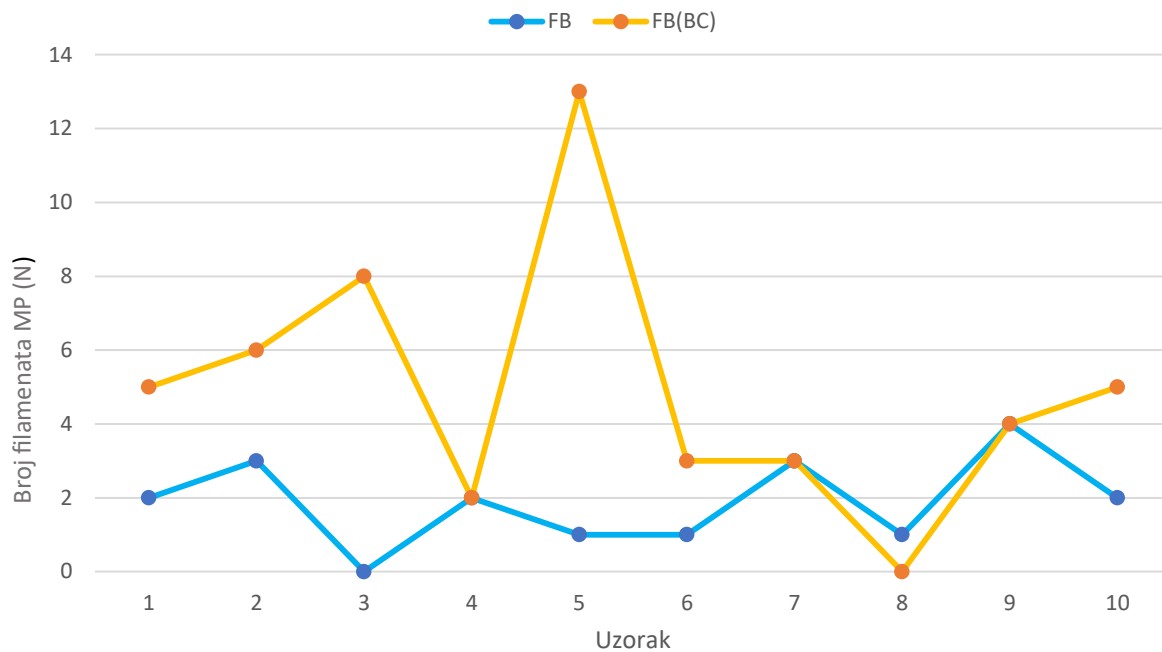
Slika 16. Prosječni udio filamenata MP po jedinki



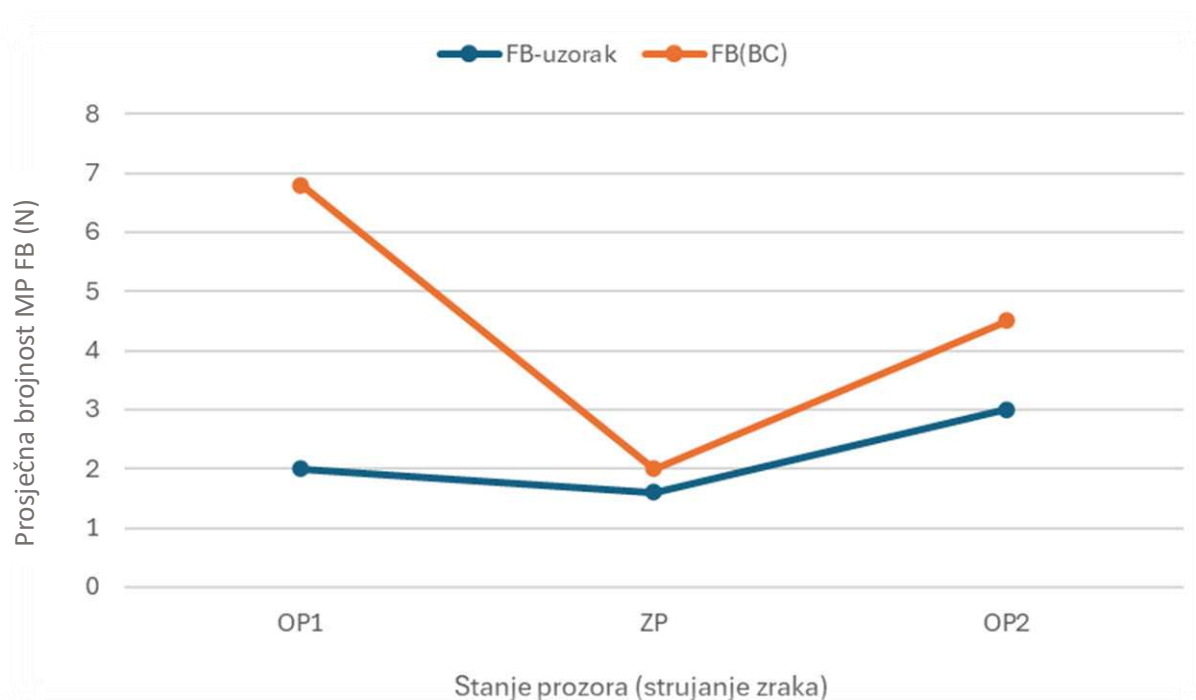
Slika 17. Grafički prikaz udjela boja filamenata MP pronađenih u uzorcima.

### 3.3. Brojnost MP u uzorcima obzirom na uvjete rada u laboratoriju

Tijekom obrade posljednjih 10 jedinki testiran je utjecaj vanjskih uvjeta na brojnost MP u uzorcima. Za vrijeme obrade prvih pet uzoraka prozor je bio otvoren te je izvana puhaio lagani vjetar, potom se prozor zatvorio i obradile su se još tri jedinke, zatim se prozor ponovno otvorio i obradile su se posljednje dvije jedinke. Pratio se utjecaj okoline na količinu MP u uzorcima i u BC. Unutar prvih pet uzoraka, dok je prozor bio otvoren utvrđeno je 10 filamenata MP u uzorcima i 34 filamenata u BC što je u prosjeku dva filamena po uzorku te sedam (6.8) filamenata MP u BC. Potom se prozor zatvorio i obradile su se još tri jedinke unutar kojih je pronađeno pet filamenata MP i šest filamenata MP u BC što je u prosjeku 1.6 filamenata MP po jedinki i dva filamena MP u BC. Ponovnim otvaranjem prozora i obradom posljednje dvije jedinke utvrđeno je šest filamenata MP i devet filamenata MP u BC, što bi u prosjeku bilo tri filamenata MP po jedinki i 4.5 filamenata MP u BC (Slike 18 i 19).



Slika 18. Prikaz brojnosti MP u uzorcima i BC s obzirom na otvoren/zatvoren prozor. Uzorci 1-5 su obrađeni tokom otvorenog prozora, uzorci 6-8 su obrađeni tokom zatvorenog prozora te uzorci 9 i 10 tokom ponovno otvorenog prozora.

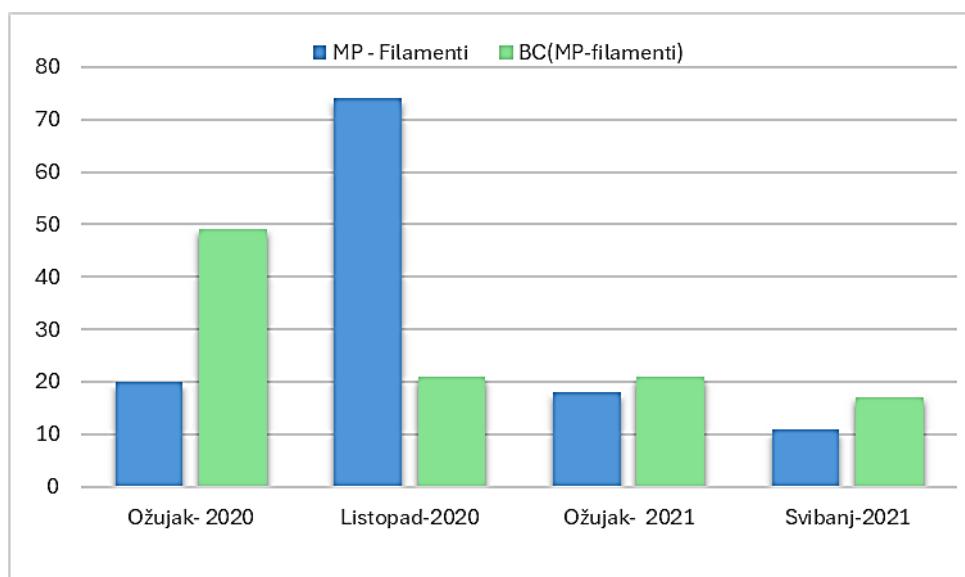


Slika 19. Prikaz prosječne brojnosti filamenata MP u uzorcima i filamenata MP u BC s obzirom na vanjske uvjete, otvoren/zatvoren prozor. OP1 - otvoren prozor, ZP – zatvoren prozor, OP – ponovno otvoren prozor.

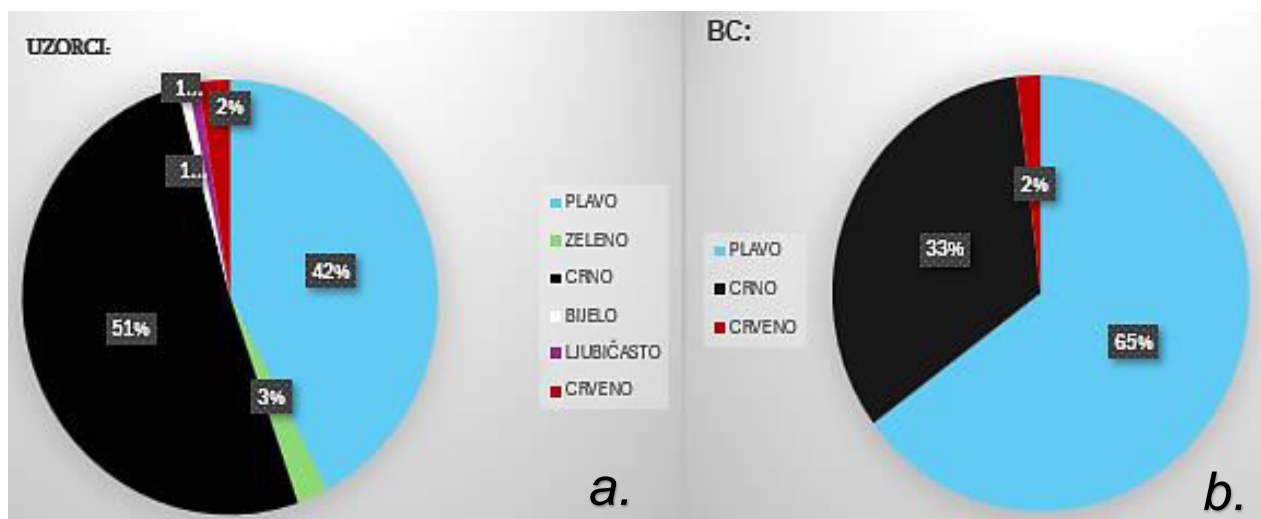


### 3.4. Prednosti i nedostaci metode

Prednosti ove metode su dostupnost i velika brojnost jedinki iz porodice Mugilidae te brzina i jednostavnost cjelokupnog procesa kao i niska novčana ulaganja za provedbu laboratorijske analize. No, s druge strane najbitniji nedostaci ove metode su nemogućnost korištenje laminara ili besprašne komore te bolje laboratorijske opreme kako bi se smanjila kontaminacija iz zraka i njen utjecaj na kvalitetu analiziranja i pouzdanost dobivenih rezultata (Slika 20, Slika 21a i Slika 21b).



Slika 20. Brojnost filamenata MP u uzorcima po mjesecima i brojnost filamenata MP pronađenih u BC za vrijeme analiziranja probavila jedinki.



Slika 21a. Prikaz udjela boja filamenata MP u uzorcima – prevladavaju crna (51 %) i plava (42 %). Slika 21b. prikaz udjela boja filamenata MP u BC – prevladavaju plava (65 %) i crna (33 %). Prikaz jednakog udjela crvene boje (2 %) u oba grafa – uzorci u BC u kojima su pronađeni crveni filamenti analizirani su isti dan.

## 4. Rasprava

Najveći broj MP zabilježen je u jedinkama ulovljenim u listopadu 2020. godine dok su u jedinkama ulovljenim u ožujku i svibnju 2020. i 2021. godine razine MP niže, a mogući razlog tome je da se ova vrsta mrijesti od srpnja do studenog te se za to vrijeme ne hrani uobičajenim intenzitetom (Salvarina, 2018). Na rezultate su mogli utjecati globalne promjene temperature mora na reproduktivni ciklus te sami uvjeti analiziranja, odnosno kontaminacija. Prevladavanje filamenata, plastičnih vlakana, u crnoj i plavoj boji je predvidljiv rezultat s obzirom da su slični rezultati dobiveni u mnogim drugim radovima (Kilic, 2022; Guven i sur., 2017). Tako su Gundogdu i sur. 2020 godine u svome radu istražili pojavu MP u gastrointestinalnom traktu nekih komercijalnih riba niz turske obale među kojima je bio i cipal mržnjak (*C. saliens*). Istraživanja su proveli u Egejskom i Mramornom moru te u sjeveroistočnom djelu Sredozemlja. Uspoređujući srednje dobivene vrijednosti ukupne pronađene MP u raznim ribljim vrstama došli su do zaključka da količina MP u komercijalnim ribljim vrstama opada od Egejskog mora prema sjeveroistočnom Mediteranu, a u sva tri mora najveća količina MP je zabilježena u ciplu. Također, potvrđeno je postojanje negativne korelacije između trofičke razine i količine MP (Walkinshaw i sur., 2020),

no Markić i sur. (2019) su u svom radu utvrdili da nema značajne poveznice između trofičke razine i količine MP, ali da pri analiziranju treba uzeti u obzir količinu MP po masi jedinke jer se ona bitno razlikuje od količine MP po jedinki. Uzimajući u obzir način i sastav prehrane cipla, rezultati ove analize nisu iznenađujući jer cipal neselektivno unosi MP preko škrga iz okoline, direktno filtrirajući bentos ili indirektno konzumirajući fitoplankton. Testiranjem deset uzoraka na utjecaj vanjskih uvjeta na brojnost MP, odnosno na kontaminaciju iz zraka s obzirom na otvorenost/zatvorenost prozora u laboratoriju, jasno se vidi utjecaj protoka zraka na stupanj kontaminacije uzoraka. Kontaminacija je najuočljivija kroz promjenu količine filamenata MP u kontrolnim uzorcima. Osim tih 10 uzoraka, kontaminacija je uočljiva i iz udjela boja u uzorcima i kontrolnom uzorku, gdje u oba slučaja dominiraju crna i plava. Uočljivo velik broj filamenata MP je pronađen u analiziranim jedinkama (123 filamenata), ali obzirom na 107 filamenata MP pronađenih u kontrolnim uzorcima, dobivene rezultate potrebno je interpretirati s oprezom i uzeti u obzir potencijalne faktore koji bi mogli utjecati na njihovu pouzdanost. Osim količine pronađenih filamenata MP u kontrolnom uzorku, bitna je i njihova boja. Naime, u obe skupine prevladavaju plava i crna mikroplastična vlakna što otežava procjenu kontaminacije iz zraka jer su to ujedno i najčešće boje filamentata MP (Kilic, 2022.; Wiczorek i sur. 2018.). Tijekom analiziranja jednog uzorka pronađena su tri filamenta MP crvene boje dok su u kontrolnom uzorku pronađena dva filamenta MP crvene boje što dodatno potvrđuje značajnu kontaminaciju iz zraka. Dris i sur. (2018.) su u svom radu prvi put opisali načine unosa MP u vodene ekosustave iz zraka te kolika je količina i koji su najčešći izvori mikroplastike u vodenim ekosustavima. Tim radom su potvrdili važnost uvažavanja i procjene kontaminacije iz zraka tokom analiza na mikroplastiku, jer se iz njihovog istraživanja ispostavilo da upravo 90% mikroplastike koja se nalazi u vodenim ekosustavima potječe iz atmosfere. Početna zabrinutost o plastici i „plastičnim otocima“, dalje se proširila na mikroplastiku te su uvedene razne strategije i restrikcije na razini europske unije, ali i šire. Neke, već postojeće strategije poput „Plastic Strategy“ (2018) koja je dio akcijskog plana kružne ekonomije EU, 2023 godine adaptirana je u REACH restrikciju obrađujući posebnu pažnju na mikroplastiku. Atamanalp i sur. (2022) su objavili jedan od mnogih radova koji potvrđuje da su tekstilna industrija i jednokratni plastični proizvodi poput; čepova, boca i vrećica glavni izvori i zagađivači vodenih ekosustava mikoplastikom (Suaria i sur, 2016). S tim saznanjima je 2023. godine nastala „Targeted amendment of the

wasteframe“ direktiva koja je uvrštena u EU strategiju za održivi i kružni tekstilni otpad te još postoji EU okvirna direktiva o morskoj strategiji (MSFD) čiji je cilj postizanje ili održavanje dobrog stanja okoliša u EU morima. Zbog velike bioraznolikosti, sredozemni bazen smatra se važnim i trenutno veoma osjetljivim ekosustavom zbog prijetnji koje predstavljaju ribarstvo, invanzivne vrste te turističke djelatnosti i pomorski promet. Na godišnjoj razini u Jadransko more uplovi na tisuće brodova raznih vrsta te je bitno smanjiti zagađnje koje oni unose. MARPOL (1973) međunarodna je konvencija kojom se pokušava eliminirati namjerno ili slučajno zagađenjeorskog okoliša s broda na svjetskoj razini, a za eliminiranje zagađenja bitno je pratiti i poznavati kretanje zagađivala, odnosno uspostaviti kvalitetan monitoring mikroplastike u morskim ekosustavima.

## 5. Zaključak

Usprkos ne idealnim uvjetima pri provođenju analize, utvrđeno je prisustvo mikroplastičnih niti u probavnom traktu uzoraka cipla zlatara. Pozitivna strana je izostanak drugih oblika mikroplastike poput fragmenata koji radi svog oblika i površine mogu adsorbirati štetne mikroorganizme ili tvari te tako olakšati njihov unos u organizam. Plastični filamenti utvrđeni u jedinkama cipla zlatara u Medulinskom zaljevu mogu ukazati na opterećenje tamošnjeg ekosustava plastičnim otpadom. Provedena metoda analize prisutnosti mikroplastike u probavilima cipla zlatara pokazala se učinkovitom po pitanju brzine, efikasnosti i obrade podataka, međutim analizirani uzorci podložni su potencijalnoj kontaminaciji iz drugih izvora. Izostanak drugih oblika mikroplastike (fragmenti, kuglice i sl.) u ciplu zlataru iz Medulinskog zaljeva, koji se inače detektiraju u ribljim vrstama, posebice u onima koje obitavaju u tropskim morima može ukazati na smanjenu cirkulaciju i fragmentaciju plastičnog otpada u ekosustavu. Cipla zlatar mogao bi poslužiti kao indikatorski organizam za praćenje zagađenja mora plastikom budući je vrsta koja je uobičajeno prisutna u obalnim vodama i lako dostupna.

## 6. Literatura

- Almeida, P. (2003). Feeding ecology of *Liza ramada* (Risso, 1810) (Pisces, Mugilidae). *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*, 57, 313-323.
- Andrady, A. (5-6.studeni 2010). Mesurment and Occurrence of Microplastic in the Environment. *Presentation at the 2nd Research Workshop on Microplastic Debris*. Tacoma, WA.
- Antović, I., Simonović, P. (2006). Phenetic Relationships of Six Species of Mulletts (Mugilidae) from the South Adriatic, as Inferred from the Study of the Visceral and Dermal Sceleton. *Russian Journal of Marine Biology*, 32(4), 250-254. doi:10.1134/S1063074006040080
- Atamanalp, M., Kokturk, M., Parlak, V., Ucar, A., Arslan, G., Alak, G. (2022). A new record for the presence of microplastic in dominant fish species of the Karasu River Erzurum, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(5), str. 7866-7876. Dohvaćeno iz <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16243-w>
- Barnes, D., Galgani, F., Thompson, R., Barlaz, M. (27. july 2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci.*, 364(1526), 1985-1998.
- Bermudez, J. R., Swarzenski, P. W. (2021). A microplastic size classification scheme aligned with universal plankton survey methods. *PubMed*. doi:10.1016/j.mex.2021.101516.
- Brusle, J. (1981). Food and feeding in grey mullets. U O. Oren, *Aquaculture of Grey Mulletts* (str. 185-217). Cambridge: Cambridge University Press; 1st edition.
- Cheung, L.T.O., ui, C.Y., Fok, L. (2018). Microplastic contamination of wild and captive flathead gray mullet (*Mugil cephalus*). *International Jurnal og Environmental Research and Public Health*, 15(4). doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph15040597>

- Crawford, C.B., Quinn, B. (2017). The interactions of microplastics and chemical pollutants. U *Microplastic Pollutant* (str. 131-157). Amsterdam.
- Dris, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M., Renault, N., Tassin, B. (2015). Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry*, str. 2015. Dohvaćeno iz <https://enpc.hal.science/hal-01134553>
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J. Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P. G., Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the worlds oceans: MOre than 5 trillion plastic pieces weighing over 250 000 tons afloat at sea. *PLoS One*, 9(12).
- European Environment Agency. (22. travanj 2019). *European Environment Agency*. Dohvaćeno iz Medulinski zaljev: <https://eunis.eea.europa.eu/sites/HR3000173#tab-designations>
- Fricke, R., Eschmeyer, W., Fong, J.D. (9. Siječanj 2024). *Eschmeyer's Catalog of Fishes*. Dohvaćeno iz California Academy of Science: <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp#Mugilidae>
- Garrod, D., Knights, B. (1979). Fish stocks: Their life-history, characteristics and response to exploitation. U P. J. Miller, *Fish Phenology: Anabolic Adaptivness in Teleosts* (str. 449pp). London: Academic Press.
- Gundogdu, S., Cevik, Atas, N. T. (2020). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tracts of some edibl fish species along Turkish coast. *44*(4). doi:10.3906/zoo-2003-49
- Guyen, O., Gokdag, K., Jovanovi, B., Kidezs, A. E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterrean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*, str. 1/9. doi:10.1016/j.envpol.2017.01.025
- Harmon, S. (2018). The Effects of Microplastic Pollution on Aquatic Organisms. U *Microplastic Contamination in Aquatic Environments* (str. 249-270).
- Hiatt, R. (1944). Food chains and the food cycles in Hawaiian fish ponds. Part 1. The food and feeding habits of mullet (*Mugil cephalus*), milkfish (*Chanos chanos*), and the tenponder (*Elps machnata*). *Transactions of the American Fisheries Society*, 74, 250-261.
- Hu, C. J., Garcia, M. A., Nihart, A., Liu, R., Yin, L., Adolphi, N., Gallego, D. F., Kang, H., Campen, M. J., Yu, X. (1. Kolovoz 2024). Microplastic presence in dog and human testis and its potential association with sperm count and weights of testis and epididymis. *Toxicol Sci.*, 200(2), str. 235-240. doi:10.1093/toxsci/kfae060.
- Ignatius, B., Joseph, I., Muktha, M. (2017). *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758. U ICAR- Centar Marine Fisheries Research Institute, *Prioritized Species for MAriculture in India* (str. 237-244). Kochi: ICAR.
- Ilkyaz, A.T., Firat, K., Saka, S., Kinacigil, H.T. (2006). Age, Growth, and Sex Ratio of Golden Grey Mullet, *Liza aurata*. *Turkish Jurnal of Zoology*, 30(3), 279-284.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L. (2015.). *Plastic waste inputs from land into the ocean*. *Science* 347, 768-771.
- Jardas, I. (1996). *Jadranska ihtiofauna*. Zagreb: Školska knjiga.

- Kamenjak, J. u. (2023). *Kamenjak javna ustanova*. Dohvaćeno iz Medulinski zaljev: <https://kamenjak.hr/hr/ekoloska-mreza/medulinski-zaljev>
- Kilic, E. (2022). Microplastic occurrence in the gill and gastrointestinal tract of *Chelon ramada* (Mugilidae) in a highly urbanized region, İskenderun Bay, Türkiye. *11*(3), 309-319. doi:10.33714/masteb.1162225
- Luther, G. (1973). The grey mullet fishery resources of India. U S. o. India (Ur.), (str. 445-454). Mandap Camp.
- Markic, A., Gaertner, J-C., Gaertner-Mazouni, N., Koelmans, AA. (2019). Plastic ingestion by marine fish in the wild. *Critical. Reviews in Environmental Science and Technology*, str. 1-14. doi:10.1080/10643389.2019.1631990
- Moore, C. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, longtime threat. *Environ. Res.*, *108*, 131-139.
- Nelson, J. (2006). *Fishes of the world 4th edition*. Hoboken (New Jersey, USA): John Wiley & Sons.
- Prokić, M.D., Radovanović, T.B., Gavrić J.P., Faggio, C. (February 2019). Exotoxicological effects of microplastics: Examination of biomarkers, current state and future perspectives. *TrAC*, *111*, 37-46.
- Reboa, A., Cutroneo, L., Consani, S., Geneselli, I., Petrillio, M., Besio, G., Capello, M. (April 2022). Mugilidae fish as bioindicator for monitoring plastic pollution: Comparison between a commercial port and a fishpond (north-western Mediterranean Sea). *Mar. Pollut: Bull.*, *117*, 113531.
- Rhodes, C. J. (2018). PLastic Pollution and potential solutions. *PubMed*, *101*(3), str. 207-260. doi:10.3184/003685018X15294876706211
- Rhodes, C. J. (n.d.). Plastic pollution and potential solutions. *PUB Med*.
- Ryan, P. (1988). Effects of ingested plastic on seabird feeding- evidence from chickens. *Mar. Pollut. Bull.*, *19*, 125-128.
- Salvarina, I., Koutrakis, E., Leonardos, I. (2018). Comparative study of feeding behaviour of five Mugilidae species juveniles from two estuarine systems in the North Aegean Sea. *JMBA*, *98*(2), 283-287. doi:https://doi.org/10.1017/S0025315416001211
- Silva, A.B., Costa, M.F., Duarte, A.C. (2018). Biotechnology advances for dealing with environmental pollution by micro(nano)plastic: Lessons on theory a practices. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health* *1*, 30-35.
- Suaría, G., Avio, C. G., Mlneo, A., Lattin, G. L., Magaldi, M. G., Balmonte, G., Moore, C. J., Regoli, F., aliani, S. (2016). The Mediterranean plastic soup: Synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Scientific Reports*(6), str. 37551. Dohvaćeno iz <https://doi.org/10.1038/srep37551>
- Sun, J., Dai, X., Wang, Q., van Loosdrecht, M.C.M., Ni, B.J. (2019). Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Research*, *152*, 21-37.
- Thompson, R., Olsen, Y., Mitchell, R., Davis, A., Rowland, S., John, A., MCGonigle, D.F., Russle, A. (2004 Jun ). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science* , *304*, 838.

- Thompson, R.C., Moore, C., vom Saal, F.S., Swan, S.H. (2009). Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 2153-2166.
- Thomson, J. M. (1954). The Mugilidae of Australia and Adjacent Seas. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 5(1), 70-131.
- Walkinshaw, C. L. (2020). Microplastics and seafood: lower trophic organisms at high risk of contamination. *190*. doi:10.1016/j.ecoenv.2019.110066
- Whitfield, A. K., Panfili, J. Durand, J. D. (2012). A global review of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), with emphasis on the biology, genetics, ecology and fisheries aspects of this apparent species complex. *Rev. Fish. Biol. Fish.*, 22, 641-681.
- Wieczorek, A. M., Morrison, L., Croot, P. L., Allcock, A. L., MacLoughlin, E., Savard, O. Brownlow, H., Doyle, T. K.,. (2018). Frequency of Microplastics in Mesopelagic Fishes from the Northwest Atlantic. *Frontiers in Marine Science*, 5. doi:https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00039
- Wright, S.L., Kelly, F.L. (2017). Plastic and human health: a micro issue? *Environ. Sci. Technol.*, 51, 6634-6647.

## 6.1. Popis slika i tablica

Slika 1. Razni oblici, veličine i boje mikroplastike .....	3
Slika 2. Izvori mikroplastike u moru .....	4
Slika 3. Prikaz bioakumulacije i biomagnifikacije mikroplastike u moru .....	5
Slika 4. Prikaz rasprostranjenosti Mugilidae spp. ....	6
Slika 5. Osnovna morfološka obilježja cipla.....	7
Slika 6. dijelovi probavnog kanala i probavne žlijezde .....	9
Slika 7. Prikaz vrsta cipli u Jadranskom moru .....	11
Slika 8. prikaz Medulinskog zaljeva .....	13
Slika 9. Prikaz označenog spremnika s probavilom uzorka (vrsta, datum i mjesto ulova). ...	13
Slika 10. Uzorak probavila u otopini KOH .....	15
Slika 11. Digestija uzoraka na magnetskoj miješalici .....	15
Slika 12. Posložena aparatura za vakuum filtraciju .....	15
Slika 13. Izgled uzorka nakon filtracije .....	16
Slika 14. Izgled plavog MP filamenata pod lupom (BC) .....	16
Slika 15. Brojnost MP u uzorcima cipli prema mjesecima ulova .....	17
Slika 16. Prosječni udio filamenata MP po jedinki .....	18
Slika 17. Grafički prikaz udjela boja filamenata MP pronađenih u uzorcima .....	18



Slika 18. Prikaz brojnosti MP u uzorcima i BC s obzirom na otvoren/zatvoren prozor .....	19
Slika 19. Prikaz prosječne brojnosti filamenata MP u uzorcima i filamenata MP u BC s obzirom na vanjske uvjete, otvoren/zatvoren prozor .....	20
Slika 20. Brojnost filamenata MP u uzorcima po mjesecima i brojnost filamenata MP pronađenih u BC za vrijeme analiziranja probavila jedinki .....	21
Slika 21a. Prikaz udjela boja filamenata MP u uzorcima – prevladavaju crna (51%) i plava (42%) .....	21
Slika 21b. prikaz udjela boja filamenata MP u BC – prevladavaju plava (65%) i crna (33%). Prikaz jednakog udjela crvene boje (2%) u oba grafa – uzorci u BC u kojima su pronađeni crveni filamenti analizirani su isti dan .....	21
<b>Tablica 1.</b> Vrste cipli u Jadranu i njihovo vrijeme mrijesta .....	7

## 7. Sažetak

Mikroplastika (MP) obuhvaća čestice plastike veličine od 0,02  $\mu\text{m}$  do 200  $\mu\text{m}$  i predstavlja značajan ekološki problem. MP potječe iz primarnih izvora, poput kozmetičkih proizvoda, te sekundarnih izvora usitnjavanja veće plastike. Zbog svoje nericiklaže i otpornosti na razgradnju, MP se akumulira u okolišu, ugrožavajući morske organizme i ljude kroz prehrambeni lanac. Istraživanje provedeno na ciplima zlatarima (*Chelon auratus* Risso, 1810) iz Medulinskog zaljeva, dijela ekološke mreže NATURA 2000, analiziralo je prisustvo MP u probavnom traktu ovih riba. Medulinski zaljev poznat je po bogatim bioraznolikim staništima, a uzorci su prikupljeni tijekom ribolovnih aktivnosti od ožujka 2020. do svibnja 2021. godine. Analiza je obuhvatila digestiju probavnog trakta i mikroskopsku identifikaciju MP. U 31 analiziranoj jedinki cipla zlatara utvrđena su sveukupno 123 filamenata MP, pri čemu su najzastupljeniji bili crni i plavi filamenti. Prisutnost MP u probavnom traktu ovih riba može ukazivati na opterećenje ekosustava Medulinskog zaljeva plastičnim otpadom. Unatoč izazovima u laboratorijskim uvjetima, metoda analize pokazala se učinkovitom za detekciju MP. Cipla zlatar stoga bi mogao poslužiti kao indikatorski organizam za praćenje zagađenja mora plastikom.

Ključne riječi: mikroplastika, cipla zlatar, Medulinski zaljev

## 8. Abstract

Microplastics (MP) consist of plastic particles ranging in size from 0.02  $\mu\text{m}$  to 200  $\mu\text{m}$  and represent a significant environmental problem. MP originates from primary sources, such as cosmetic products, and secondary sources, including the fragmentation of larger plastics. Due to their non-recyclable nature and resistance to degradation, MP accumulates in the environment, threatening marine organisms and humans through the food chain. A study conducted on golden grey mullet (*Chelon auratus* Risso, 1810) from the Bay of Medulin, part of the NATURA 2000 ecological network, analyzed the presence of MP in the digestive tracts of these fish. Bay of Medulin is known for its rich biodiversity, and samples were collected during fishing activities from March 2020 to May 2021. The analysis included the digestion of the digestive tract and microscopic identification of MP. In the 31 analyzed specimens of golden grey mullet, a total of 123 MP filaments were detected, with black and blue filaments being the most prevalent. The presence of MP in the digestive tracts of these fish may indicate the burden of plastic waste on the Bay of Medulin ecosystem. Despite challenges in laboratory conditions, the analysis method proved effective in detecting MP. Therefore, the golden grey mullet could serve as an indicator species for monitoring marine plastic pollution.

Keywords: microplastics, golden grey mullet, Bay of Medulin