

Analiza probavila na prisutnost mikroplastike u oradi (Sparus aurata) s područja Sjevernog Jadrana

Zanchi, Emma

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:137:913689>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Fakultet prirodnih znanosti
Sveučilišni prijediplomski studij



Znanost o moru

Emma Zanchi

Analiza probavila na prisutnost mikroplastike u oradi (*Sparus aurata*) s područja Sjevernog Jadrana

Završni rad

Pula, lipanj, 2024.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

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

Studentica



U Puli, 10. srpnja, 2024. godine



IZJAVA

o korištenju autorskog djela

Ja, Emma Zanchi dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom “ Analiza probavila na prisutnost mikroplastike u oradi (*Sparus aurata*) s područja Sjevernog Jadrana” koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

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

Studentica

U Puli, 10. srpnja 2024. godine (datum)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1 MIKROPLASTIKA U MORSKOM OKOLIŠU	1
1.2. MIKROSPLASTIKA U MEDITERANU I JADRANSKOM MORU – NA RAZINI EUROPSKE UNIJE I REPUBLIKE HRVATSKE	5
1.3. MIKROSPLASTIKA U RIBAMA MEDITERANA I JADRANSKOG MORA	6
1.4. ORADA KAO KOMERCIJALNA VRSTA	9
3. MATERIJALI I METODE	13
3.1. MJESTO UZORKOVANJA.....	13
3.2. ANALIZA I PROMATRANJE MIKROPLASTIKE U MORSKIM ORGANIZMIMA	16
3.3. NAČIN IZOLACIJE PROBAVILA	20
3.4. NAČIN IZOLACIJE MIKROPLASTIKE	20
3.5. NAČIN RASVRSTAVANJA ČESTICA MIKROPLSTIKE	21
4. REZULTATI	22
4.1. FOTOGRAFIJA I PRIMJER MIKROPLASTIKE	22
4.2. BROJNOST MIKROPLASTIKE U PROBAVILU.....	23
4.3. BROJNOST MIKROPLASTIKE U PROBAVILU PO SEZONAMA	23
5. DISKUSIJA.....	27
6. ZAKLJUČAK	29
7. LITERATURA	30

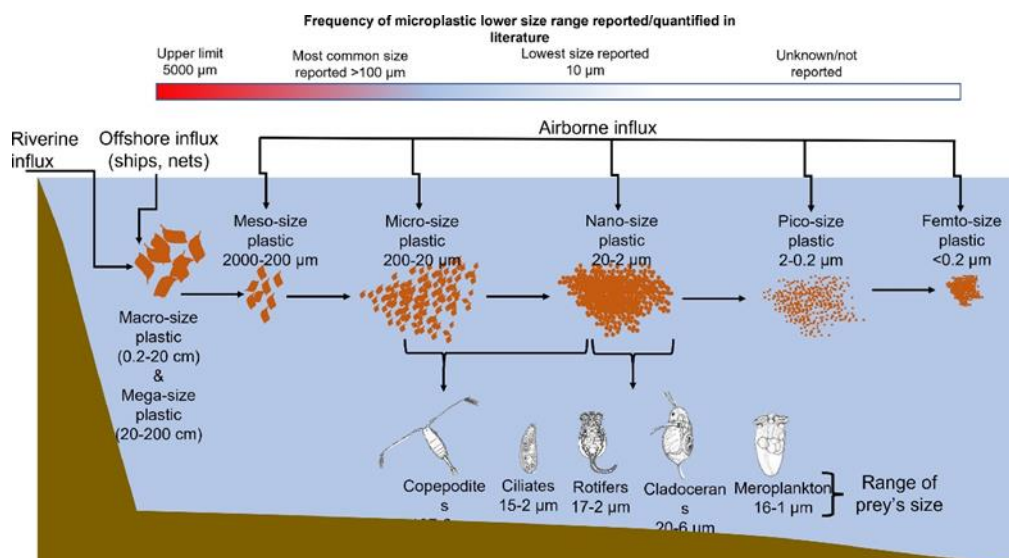
1. UVOD

1.1 MIKROPLASTIKA U MORSKOM OKOLIŠU

Plastični materijali su organski polimeri dobiveni iz nafte, koji posjeduju različita svojstva i karakteristike poput izdržljivosti, lakoće i svestranosti, uz to što su jednostavni za proizvodnju i imaju nisku cijenu. Najčešće korištene vrste plastike uključuju polietilen visoke i niske gustoće (HDPE – „*High-Density Polyethylene*“ i LDPE – „*Low-Density Polyethylene*“), polivinil klorid (PVC), polipropilen (PP), polietilen tereftalat (PETE), polistiren (PS) i poliuretani (PU). Međutim, pretjerana i neprekidna proizvodnja plastike postavila je proizvodnju ovih materijala kao jedan od velikih izazova 21. stoljeća zbog slučajnih/neselektivnih ispuštanja, neadekvatnog recikliranja ili nepravilnog rukovanja. Kao rezultat, plastični otpad se nekontrolirano nakuplja u različitim dijelovima okoliša što negativno utječe na širok spektar vodenih i kopnenih ekosustava (Soliz i sur., 2024). Kroz različita istraživanja, polietilen se dosljedno pojavljivao kao najzastupljeniji polimer u rasponu od 26 % do 88 %, a slijedi ga polipropilen čija se prisutnost kreće od 5 % do 30 % (Schmid i sur., 2021). Plastika se koristi u širokom spektru proizvodnje, uključujući industriju boje, ambalažu, tekstil, gradnju i automobile. U proteklih nekoliko desetljeća zabilježen je značajan porast plastičnog smeća zbog ekspanzije svjetske proizvodnje što je također uzrokovalo nakupljanje plastičnog otpada u okolišu. Do 2025. godine predviđa se da bi se količina plastičnog smeća ispuštenog u ocean povećala za jednu magnitudu zbog predviđenog povećanja tržišne potražnje i proizvodnje. Procjenjuje se da 80 % morskog otpada dolazi iz kopnenih izvora pri čemu plastika čini većinu materijala (Steensgaard i sur., 2017).

Veličinske frakcije mikroplastičnih čestica obuhvatile bi sljedeće kategorije: plastika femto veličine (0,02–0,2 μm), plastika piko veličine (0,2–2,0 μm), plastika nano veličine (2–20 μm), plastika mikro veličine (20–200 μm), plastika mezo veličine (200–2000 μm), plastika makro veličine (0,2–20 cm) i plastika mega veličine (20–200 cm) (Bermúdez i Swarzenski, 2021).

Fragmentacija plastike uzrokovana intenzivnim ultra-ljubičastim zračenjem i fizičkim vremenskim utjecajima valova ono je što uzrokuje onečišćenje mikroplastikom. Ova fizička fragmentacija čini plastiku lomljivijom tijekom vremena i konačno se razgrađuje u manje transportirano smeće (Chatziparaskeva i sur., 2022).



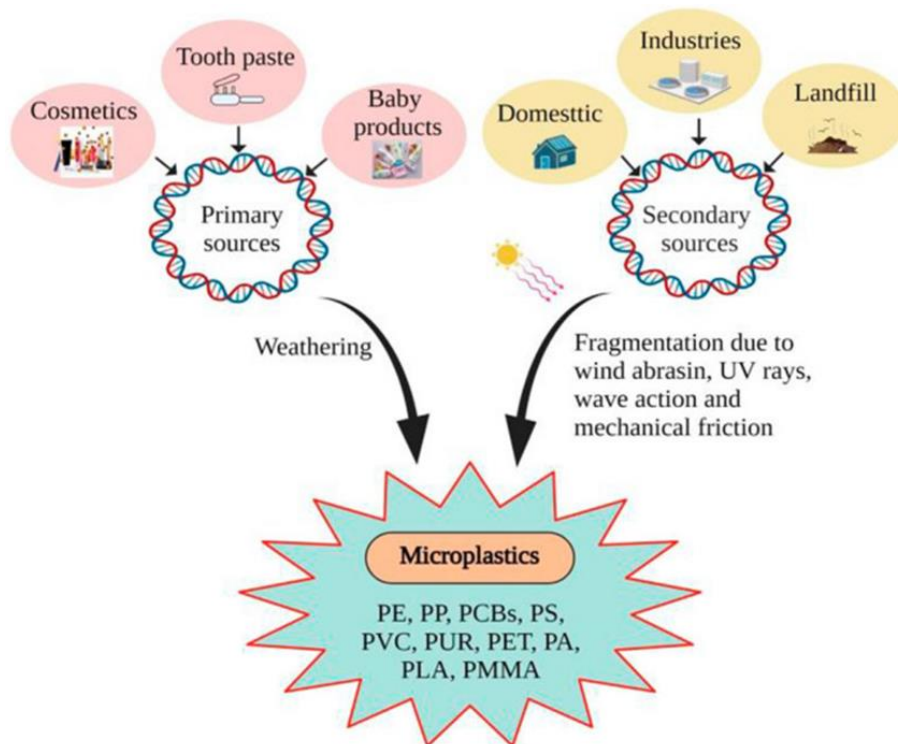
Slika 1. Fragmentacija mikroplastike i popratno smanjenje veličine/povećanje količine. (preuzeto s: https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2215016121003095-gr1_lrg.jpg)

Složena dinamika koja uključuje: kretanje morskih struja, promjene u kemijskim i fizičkim svojstvima, procese fragmentacije i agregacije te interakcije s biotom, sve utječu na transport morskog otpada i čestica mikroplastike u moru. Utvrđeno je kako se plutajući otpad uglavnom skuplja uz obalu i u pojasu koji se proteže od sjeverozapada prema jugoistoku središnjeg i južnog dijela Jadranskog mora. Konkretno, rezultati modela pokazuju da plaže delte rijeke Po imaju dnevni protok plastike od otprilike 70 kg/km. U pojasu između Tršćanskog zaljeva i delte rijeke Po otkrivene su najveće količine plastike u sjevernom Jadranu (Schmid i sur., 2021).

Mikroplastika se obično karakterizira kao plastične čestice manje od 5 mm u promjeru, iako se mogu koristiti i alternativne definicije. Zbog fragmentacije morskog plastičnog otpada, čestice mikroplastike imaju tendenciju nakupljanja u okolišu, što izaziva značajnu zabrinutost za morski okoliš, morske organizme i čovjeka (Alomar i sur., 2021).

Obzirom na uvjete nastajanja mikroplastika se dijeli na dvije vrste: primarnu i sekundarnu. Primarna mikroplastika obuhvaća mikrozrnca prisutna u proizvodima za osobnu njegu, plastične kuglice korištene u industrijskoj proizvodnji i plastična vlakna iz sintetičkih tekstila poput najlona. Ova vrsta mikroplastike ulazi u okoliš izravno putem različitih kanala, primjerice, kroz proizvode za osobnu njegu koji se ispiru u kućne sustave otpadnih voda, nenamjernim gubicima tijekom proizvodnje ili transporta, ili

abrazijom tijekom pranja sintetičke odjeće. Sekundarna mikroplastika nastaje razgradnjom veće plastike: to se obično događa kada se veća plastika izlaže nepogodnim vremenskim prilikama, poput valova, abrazije vjetrova i ultraljubičastog zračenja sunčeve svjetlosti (Rogers, 2024).



Slika 2. Vrste, izvori i način nastanka primarne i sekundarne čestice mikroplastike (preuzeto s: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9135010/figure/Fig1/>)

Mikroplastika ulazi u okoliš kroz atmosfersko taloženje, kopnene izvore, gnojiva, umjetnu travu, cestovni promet, odlagališta, zračni prijevoz, tekstil, turističke aktivnosti, morska plovila i akvakulturu. Osim toga, razgradnja plastičnih materijala pod utjecajem fizikalno-kemijskih aktivnosti, UV zračenja i bakterija dovodi do formiranja mikro- i nanočestica: međutim, brzina fragmentacije ovisi o uvjetima okoline. Kvaliteta tla je značajno narušena zbog nepravilnog upravljanja kopnenim ekosustavima. Mikroplastika se zatim nakuplja u dubokom moru, netaknutim polarnim područjima i ledenim područjima. (Shim i sur., 2017). Živi organizmi unose čestice mikroplastike, što utječe na njihovo hranjenje, probavu, izlučivanje i reprodukciju (Chang i sur., 2020).

Unos mikroplastike u morskim ekosustavima je značajan, no još uvijek nije dovoljno istražen. Fragmenti mikroplastike pronađeni su u okolišu i predstavljaju

značajan problem u različitim ekološkim sektorima. Istraživanja su pokazala da je mikroplastika dospjela od vrhova planina do dubokog oceana. Gotovo 80 % mikroplastike dolazi s kopna, dok manje 20 % potječe iz vodenih izvora (Sana i sur., 2020). Smrtnost i oštećenja organskih sustava u vodenim ptica, riba, sisavaca i gmazova uzrokovane akumulacijom i probavom plastike spadaju među učinke mikroplastike na okoliš (Yang i sur., 2021). Briga za okoliš, uključujući kopneno, vodeno i javno zdravlje, bila je u fokusu posljednjih desetljeća, a detaljni utjecaji na različite sektore okoliša razmatraju se u nastavku (Lamichhane i sur., 2023).

Iako su istraživanja o uzrocima plastičnog onečišćenja oceana u porastu tijekom posljednjih deset godina, još uvijek postoje ograničenja u razumijevanju i prepoznavanju holističkih učinaka mikroplastike na okoliš, zdravlje i ekonomske posljedice. Većina mikroplastike otkrivena je u sedimentima oceana, ali se također nalazi na plažama, površinama oceana, rijekama, jezerima, kapima kiše, čak i u Alpama i Arktiku. Budući da pridneni okoliši predstavljaju ključni hranidbeni ekosustav za mnoge morske organizme, prisutnost ovih mikronskih čestica ometa stanice i tkiva za prehranu koralja, planktona, jastoga, riba te ostalih organizama. Procjenjuje se da će do 2050. godine 99 % vrsta morskih ptica i 100 % morskih kornjača progutati plastiku, što može imati ozbiljne posljedice po okoliš. Zbog migracijskih navika morskih kornjača i morskih ptica, mikroplastika se može zadržavati na plažama zbog njihove pokretljivosti, kao i širiti diljem svijeta putem njihovih migracija (Chatziparaskeva i sur., 2022).

Studije su dokumentirale prijenos mikroplastike s mezozooplanktona na makrozooplankton, kao i s dagnji na rakove. Međutim, do sada nije otkriveno biomagnificiranje ovih čestica unutar prehrambenog lanca. U morskom okolišu primijećeno je da riblje vrste koje nastanjuju pelagičke regije i područja morskog dna gutaju čestice plastičnih polimera kao što su polipropilen, polietilentereftalat i poli(vinilklorid) (Gewert i sur., 2015). U određenim slučajevima u Sredozemnom moru, prisutnost mikroplastike u gastrointestinalnom traktu i želucu ribljih vrsta bila je izrazito visoka, s razinama koje su dosezale do 60 % i 100 % uzorkovanih jedinki. Pregled koji se fokusirao na gutanje čestica mikroplastike u ribama diljem svijeta otkrio je da samo 14 % uzorkovane ribe potječe iz akvakulture. To naglašava potrebu za sveobuhvatnijim procjenama izloženosti plastici kod ribljih vrsta povezanih s industrijom akvakulture što čini 47 % ribe namijenjene prehrani ljudi (Alomar i sur., 2021).

1.2. MIKROSPLASTIKA U MEDITERANU I JADRANSKOM MORU – NA RAZINI EUROPSKE UNIJE I REPUBLIKE HRVATSKE

Meditranska regija svaki dan zaprimi 730 tona plastičnog smeća te ju to čini jednom od najgorih područja onečišćenja plastikom na svijetu, iako čini samo 1 % svjetskih mora i 7 % sveukupnog onečišćenja mikroplastikom. Obalno područje mediteranskog bazena dom je za oko 480 milijuna ljudi dok je količina proizvedenog smeća na godišnjoj razini po osobi između 208 i 760 kilograma. Sredozemno more zabilježeno je kao jedna od mogućih zona nakupljanja plastike, s procijenjenih 23 150 tona površinske plastike prisutne u vodi (Chatziparaskeva i sur., 2022).

Morska akvakultura jedan je od primjera morskog izvora koji može pridonijeti akumulaciji plastičnog otpada (Jambeck, i sur., 2015). Akvakultura je industrija koja se brzo širi: u 2016. godine globalno je proizvedeno 80,0 milijuna tona komercijalne ribe, unatoč prosječnom godišnjem padu stope rasta od 5,8 % u šest godina prije toga (2000.-2016.) (FAO, 2018). Španjolska, Francuska, Italija i Grčka su zemlje koje proizvode najopsežniji uzgoj ribe u otvorenim vodama u Sredozemnom moru. Plastika je čest element u ovom sektoru, budući da se intenzivno koristi u svim objektima za akvakulturu zbog svojih višenamjenskih fizičkih svojstava (Alomar i sur., 2021).

Jadransko more ističe se kao najzagađenija podregija Sredozemlja, s prijavljenim gustoćama koje dosežu 670 komada plastike po četvornom kilometru. Studija (Chatziparaskeva i sur., 2022) je istraživala korelaciju između mikroplastike i različitih organskih zagađivača duž obala zapadne Italije i u središnjem dijelu Jadranskog mora. Nalazi su otkrili prosječnu distribuciju od 2,65 predmeta po kubnom metru, sa svim ciljanim organskim zagađivačima otkrivenim na površini prikupljene mikroplastike (Chatziparaskeva i sur., 2022). U prosjeku je pronađeno 29 plastičnih čestica po uzorku sedimenta. Za sve analizirane lokacije na području Jadranskog mora mikroplastika je dominantna frakcija u pogledu broja stavki. U analiziranim uzorcima nisu pronađene čestice makroplastike: dok čestice mezoplastike predstavljaju 11,29 % ukupnih pronađenih čestica. Na svim ispitivanim mjestima filamenti predstavljaju 90,07 %. Filmovi, drugi najčešći plastični fragmenti plastike, čine 7,45 % od ukupnog broja. Druge čestice mikroplastike koje uključuju fragmente, pelete, pjene, granule i neprepoznatljive plastične dijelove čine 2,48 %. S obzirom na boje predmeta, najviše su zastupljene čestice bijele i crne boje (Blašković i sur., 2016).

Ljudska aktivnost najzastupljenija je uz obalu, gdje se odvija uzgoj ribe, ekstenzivna akvakultura dagnji, gust pomorski promet te sezonski turizam. Iako su te aktivnosti važan izvor prihoda za zemlje koje graniče s Jadranskim bazenom, moguće je da one također doprinose problemu akumulacije smeća u Jadranskom moru. Prema procjenama, donos rijekama čini 40 % morskog otpada koji dopiše u Jadransko more, a slijede obalno urbano stanovništvo s 40 %, te morski prijevoz i ribolov s 20 % (Schmid i sur., 2021).

Na razini Republike Hrvatske usvojene su posebne zakonodavne politike kao što je „Strategija upravljanja morem i obalnim područjem“ (Galgani i sur., 2010) za rješavanje problema morskog otpada u Hrvatskoj. Ova politika ima za cilj zaštitu, očuvanje, rehabilitaciju i obnovu morskih i obalnih ekosustava. Također će raditi na održavanju različitih ljudskih aktivnosti u obalnom području i moru. Ova će politika dugoročno pomoći u smanjenju onečišćenja plastikom i očuvanju zaštićenih područja. Formulirane su različite politike za prehrambenu industriju u vezi s ambalažom koja se može reciklirati i ponovno upotrijebiti. Sustav gospodarenja plastičnim otpadom u zemlji poboljšan je postupno, a do 2022. godine Hrvatska je postavila ciljeve za dobro uspostavljen sustav gospodarenja morskim otpadom (Sharma i sur., 2021).

1.3. MIKROSPLASTIKA U RIBAMA MEDITERANA I JADRANSKOG MORA

U morskim je ribama s područja Mediterana istraživana mikroplastika u probavilu (Tablica 1.). Najviše je istraživana orada (*Sparus aurata*).

Za ista je područja u Mediteranu brojnost mikroplastičnih čestica po jedinci u osliću iznosio znatno više nego za trlju od kamena uzorkovanu iz istog područja (Giani i sur., 2019). Udio mikroplastičnih oblika niti je u osliću (81%) bio skoro dvostruko veći nego za trlju od kamena (44%) iz istog područja iz čega možemo naslutiti kako pridnene vrste akumuliraju manje mikroplastike u usporedbi s vrstama koje migriraju vodenim stupcem.

Na području Turske uzorkovane su orade koje po jedinci sadrže 2.00 ± 0.87 mikroplastičnih oblika od čega niti mikroplastike iznose 70% (Güven i sur., 2017).

Orade uzrokovane u Španjolskoj 2021. godine po jedinci su sadržavale 20.11 ± 2.94 oblika mikroplastike gdje su niti mikroplastike činile 71,68% ukupnog sadržaja (Bayo i sur., 2021). Godinu dana kasnije u oradama s područja Španjolske pronađene

su znatno manje vrijednosti, 5.1 ± 5.1 čestica mikroplastike po jedinci od čega su niti mikroplastike imale udio od 96% (Sánchez-Almeida i sur., 2022). U istom istraživanju uzrokovan je u lubin čije su vrijednosti bile slične s prosječnim brojem čestica po jedinci od 5.4 ± 4.2 i gdje su niti mikroplastike bile jedini pronađeni oblik mikroplastike (Sánchez-Almeida i sur., 2022).

U širem mediteranskom području, 2022. godine su također uzorkovane orade gdje je prosječan broj čestica po jedinci iznosio 25.50 ± 0.30 (Ferrante i sur., 2022).

Tablica 1. Podaci o prisutnosti mikroplastike u ribama s područja Mediterana.

Vrsta ribe	Mjesto uzorkovanja	Broj čestica (po jedinci uz standardnu pogrešku)	Broj niti (iznos u postocima u odnosu na ukupnu pronađenu mikroplastiku)	Autor i godina
Trlja od kamena (<i>Mullus barbatus</i>)	Sjeverno Tirensko more	1	44%	(Giani i sur., 2019)
	Jadransko more	1		
	Jonsko more	1.25 ± 0.44		
Oslić (<i>Merluccius merluccius</i>)	Sjeverno Tirensko more	1 ^b	81%	
	Jadransko more	1.09 ± 0.30		
	Jonsko more	1.75 ± 2 ^b		
Orada (<i>Sparus aurata</i>)	Turska	2.00 ± 0.87	70%	(Güven i sur., 2017)
Orada (<i>Sparus aurata</i>)	Španjolska	20.11 ± 2.94	71.68%	(Bayo i sur., 2021)
Lubin (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	Španjolska	5.4 ± 4.2	100%	(Sánchez-Almeida i sur., 2022)
Orada (<i>Sparus aurata</i>)	Španjolska	5.1 ± 5.1	96,1%	
Orada (<i>Sparus aurata</i>)	Mediteran	25.50±0.3	/	(Ferrante i sur., 2022)
Orada (<i>Sparus aurata</i>)	Egipat	4 ± 0.6	/	(Hamed i sur., 2023)

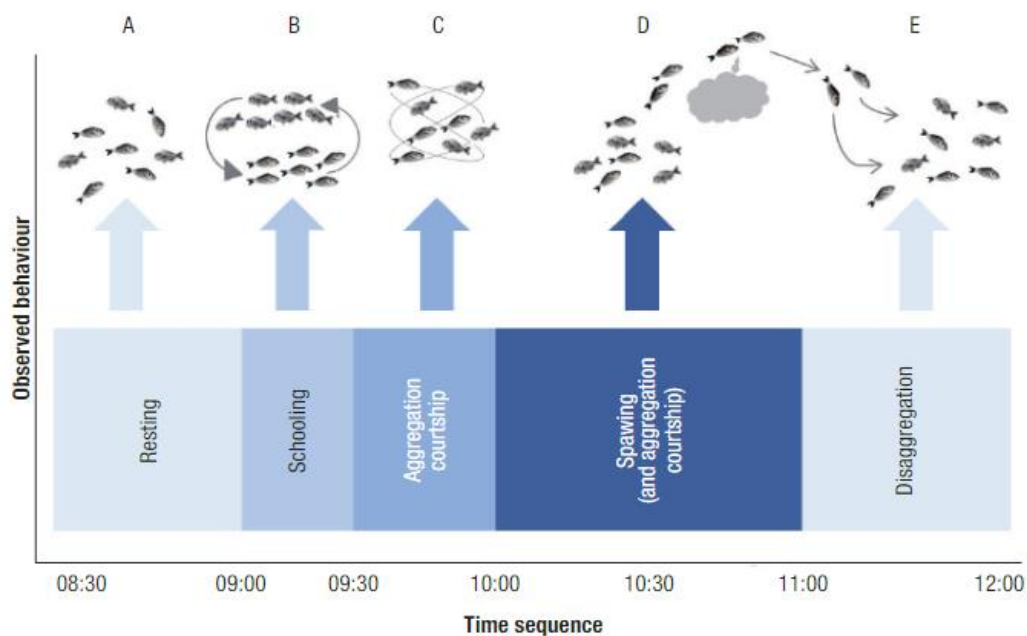
1.4. ORADA KAO KOMERCIJALNA VRSTA

Orada se odlikuje srebrno sivim tijelom koje oblikom podsjeća na vrh metalnog koplja, otuda i naziv roda "Sparus". Prepoznatljiva je uz ostale različite karakteristike, poput istaknute crne regije na početku bočne pruge koja se proteže do gornjeg dijela operkula. Glave je pravilno zakrivljena sa zlatnom čeonom trakom iz čega proizlazi nomenklatura vrste izvedena izlatinskog izraza „auratus“ što znači zlatni. U divljini obitava u malom plićaku ili u pješčanim morskim dnima, morskim travnatim površinama i zoni valova, često na dubinama od približno 30 metara, a odrasle jedinke povremeno se mogu zabilježiti i na 150 metara. Orada je sjedilačka riba koja može tolerirati širok raspon temperatura i saliniteta te stoga često obilazi estuarije i obalne vode. Oportunistička je vrsta i lako prilagođava svoje prehranbene navike na temelju raspoloživosti resursa u svom staništu. Prehrana se sastoji od mnogočetinaša, bodljikaša, ali i školjkaša i puževa. Poznata je kao konvencionalna suptropska riba toplih obalnih voda rasprostranjena u regiji koja se proteže od 62 stupnja sjeverne zemljopisne širine do 15 stupnjeva sjeverne zemljopisne širine i 7 stupnjeva zapadne dužine do 43 stupnja istočne dužine, uključujući Crno i Sredozemno more, kao i istočni Atlantski ocean. Međutim, nedavni sve veći podaci o ulovu u Engleskoj i Irskoj dokazali su rasprostranjenost ove vrste u Keltskom moru i hladnim vodama Engleskog kanala (Mhalhel i sur., 2023).

Orada je vrijedna uzgojna vrsta u akvakulturi, posebno u Sredozemnom moru, s rastućim eksploatacijskim statusom u proizvodnji i tehnologiji uzgoja. Intenzivna proizvodnja orade u Sredozemnom moru započela je ranih 1980-ih godina, koristeći morske kaveze i recirkulacijske sustave akvakulture. Do kasnih 1980-ih, proizvodnja ove vrste iznosila je 1800 tona, da bi samo nekoliko godina kasnije dosegla 45 000 tona. U 2020. godini, proizvodnja orade procijenjena je na 258 754 tone, svrstavajući ovu vrstu na 33. mjesto među najuzgajanim ribama. Vodeći proizvođači u svijetu su Turska, Grčka, Egipat, Tunis i Španjolska. Od 2000. godine, 50-postotno povećanje proizvodnje pridonijelo je uglavnom šesterostrukom povećanju proizvodnje u Hrvatskoj (Mhalhel i sur., 2023) i dvostrukom povećanju proizvodnje na Cipru (Mhalhel i sur., 2023). Brzi rast sektora uzgoja orade bio je povezan s robusnošću i prilagodljivošću ove vrste. Kvaliteta ribe ovisi o morfo-anatomskim i organoleptičkim svojstvima koja bi trebala biti vrlo slična onima divlje ribe što je referenca kvalitete za potrošača. Različite studije su izvijestile o pojavi morfoloških anomalija izazvanih tijekom embrionalnih i

post-embrionalnih stadija, što ometa učinkovitost proizvodnog ciklusa. Ove abnormalnosti, koje utječu na čak 80 % proizvodnje prstiju, uzrokuju ogroman ekonomski pad u industriji. Prije svega, one utječu na stope preživljavanja, rast, biološku učinkovitost i kvalitetu ribe, što dalje utječe na ukupnu percepciju potrošača o ribi i isplativost akvakulture morske ribe. Zamjetno veća prevalencija anatomskih abnormalnosti primijećena je kod orada proizvedenih u intenzivnoj akvakulturi u usporedbi s ribom ulovljenom u divljini (Mhalhel i sur., 2023).

Orada je protandrozna hermafroditna vrsta s asinkronim razvojem jajnika. Matično jato koje se drži u zatočeništvu pod prirodnim uvjetima obično započinje vitelogenezu u razdoblju od rujna do studenog. Mrijest se odvija od prosinca do siječnja i traje tri do pet mjeseci uz svakodnevno mriještenje, što rezultira godišnjom plodnošću od 2000000 jaja po kilogramu, s oplodnjom od 80-85 %.



Slika 3. Grafikon odnosa karakterističnog ponašanja i doba dana za vrijeme mrijesta (preuzeto s:

https://www.researchgate.net/publication/271845253_Spawning_behaviour_of_gilthead_seabream_Sparus_aurata_reared_and_held_in_captivity)

Unatoč sve većoj potrebi za razumijevanjem čimbenika koji utječu na sudjelovanje uzgajivača u mrijestu, reproduktivno ponašanje orade još uvijek nije dovoljno istraženo, što otežava kontrolu obitelji proizvedenih iz matičnog jata. Mriještenje se obično odvija rano ujutro ili rano navečer: točnije u šest sati ujutro te oko 19 sati navečer. Udvaranje uključuje mužjake koji proganjaju i guraju ženke, te usko

kruže kako bi formirali grupe prije mriještenja. Samo mriještenje može uključivati jedan par ili grupu gdje se jedna ženka mrijestila s jednim mužjakom, nakon čega bi slijedilo više mužjaka (Ibarra i Duncan, 2012).

2. CILJ

Cilj rada bio je ispitati prisutnosti mikroplastike u probavnom sustavu orada (*S. aurata*). Osim ispitivanja prisutnosti mikroplastike, cilj je bio i razvrstati pronađenu mikroplastiku obzirom na oblik mikroplastike i boju iste. Nadalje, vlastito istraživanje uspoređeno je s prethodno objavljenom literaturom.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. MJESTO UZORKOVANJA

Prikupljeni uzorci su uzrokovani na dvije lokacije, u Medulinskom zaljevu (Slika 4) te u Raškom zaljevu (Slika 5).

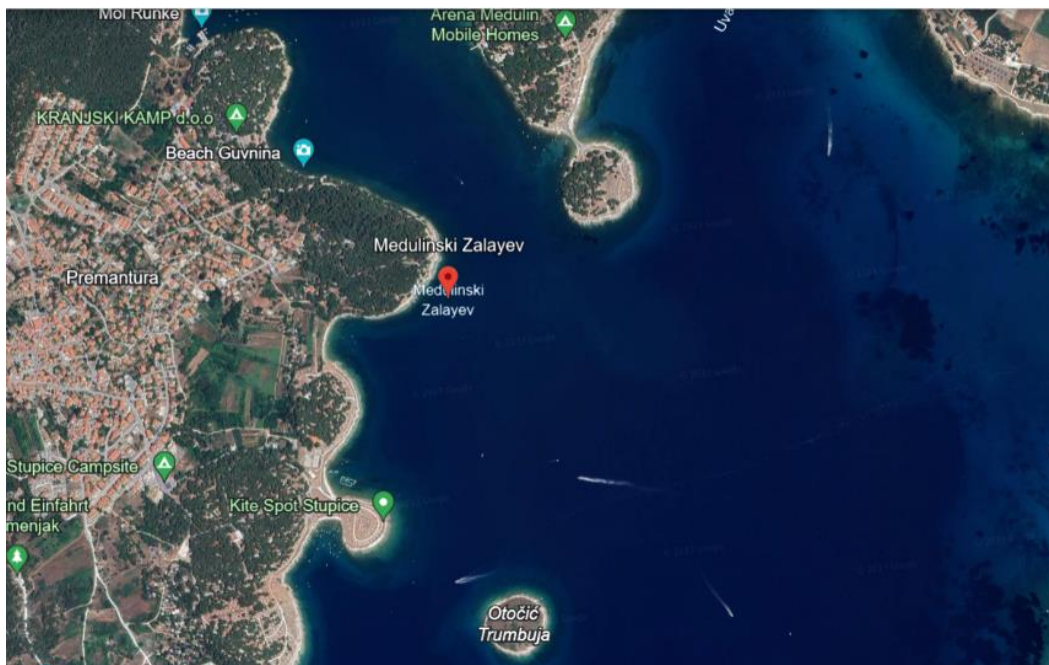
Lokacija 1 – Medulinski zaljev

Koordinate:

A Φ 44°49,400'N λ 13°54,336'E

B Φ 44°49,120'N λ 13°54,933'E

C Φ 44°48,983'N λ 13°55,341'E



Slika 4. Mjesto uzorkovanja orade *Sparus aurata* na jugu Sjevernog Jadrana (preuzeto s:

<https://earth.google.com/web/search/Medulinski+Zaljev/@44.80158856,13.92446331,0.03952993a,2927.66438526d,35y,0h,0t,0r/data=CnwaUhJMCiUweDQ3NjMyYmMyNWNiMzRjMmQ6MHgxYzhIMWQ2ZDc5MDJINGM1GUCqvHiaZkZAIvi070BT2StAKhFNZWR1bGluc2tpIFphbGpldhgCIAEiJgokCaRzAPKFhEZAQEV5N0yTf0ZAGcZ9DzPGQCxAIZySyqoDBCxA>)

Od sveukupno 32 uzroka, u Medulinskom zaljevu uzeto ih je 23.

Datumi i količina uzoraka prikupljenih u Medulinskom zaljevu:

30. listopada 2020. godine u Medulinskom zaljevu uzeta su 3 uzorka

12. studenog 2020. godine u Medulinskom zaljevu uzeto je 7 uzoraka

20. studenog 2020. godine u Medulinskom zaljevu uzeta su 3 uzorka

27. studenog 2020. godine u Medulinskom zaljevu uzet je 1 uzorak

4. ožujka 2021. godine u Medulinskom zaljevu uzet je 1 uzorak

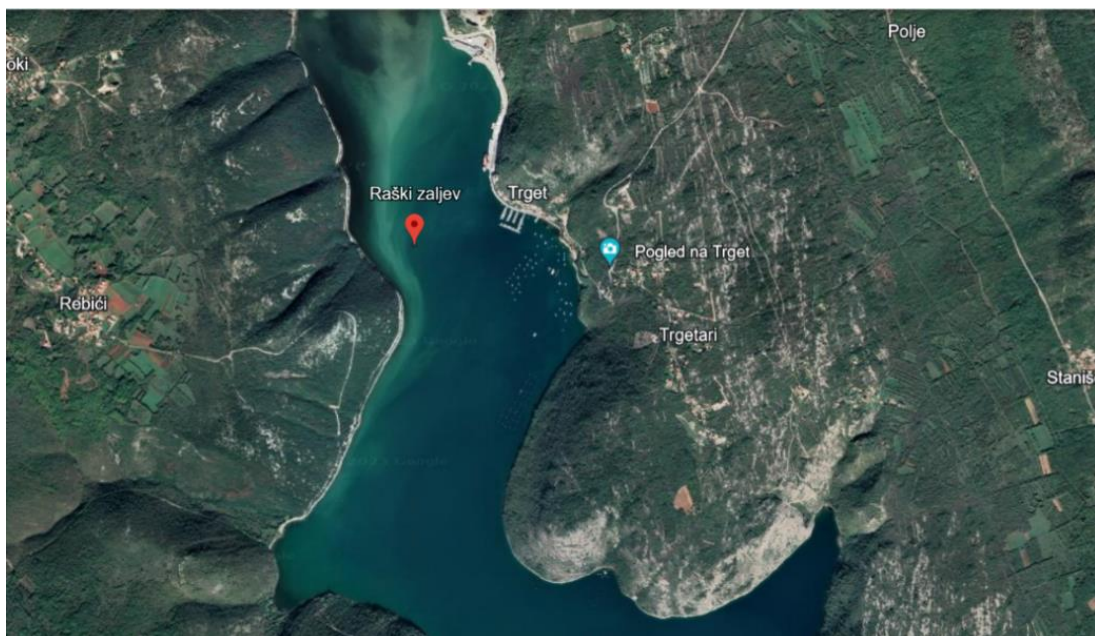
5. ožujka 2021. godine u Medulinskom zaljevu uzeto je 3 uzorka

22. travnja 2021. godine u Medulinskom zaljevu uzeto je 5 uzoraka **Lokacija 2 – Raški zaljev**

Koordinate:

A Φ 45° 00,180'N λ 14° 03,291'E

B Φ 44° 59,833'N λ 14° 04,850'E



Slika 5. Mjesto uzorkovanja orade (*Sparus aurata*) na istoku Sjevernog Jadrana (preuzeto s: <https://earth.google.com/web/search/Ra%c5%a1ki+zaljev/@45.0195706,14.04702285,0.00824928a,576.47026935d,35y,0h,0t,0r/data=CngaThJiCiUweDQ3NjMzNWUxODUyN2lwZDU6MHg0ODQ1MmQ1N2UzY2NiZDijGe1rE91pgkZAIUPEzalkGCxAKg1SYcWha2kgemFsamV2GAlqASImCiQJ3GZWa6pnRkARLkm8TYpIRkAZhWwmD1PmK0AhKPy4clPMK0A>)

Od sveukupno 32 uzroka, u Raškom zaljevu uzeto ih je 9.

Datumi i količina uzoraka prikupljenih u Raškom zaljevu:

21. listopada 2020. godine u Raškom zaljevu uzeta su 3 uzorka

22. listopada 2020. godine u Raškom zaljevu uzeta su 3 uzorka

25. studenog 2020. godine u Raškom zaljevu uzeta su 3 uzorka

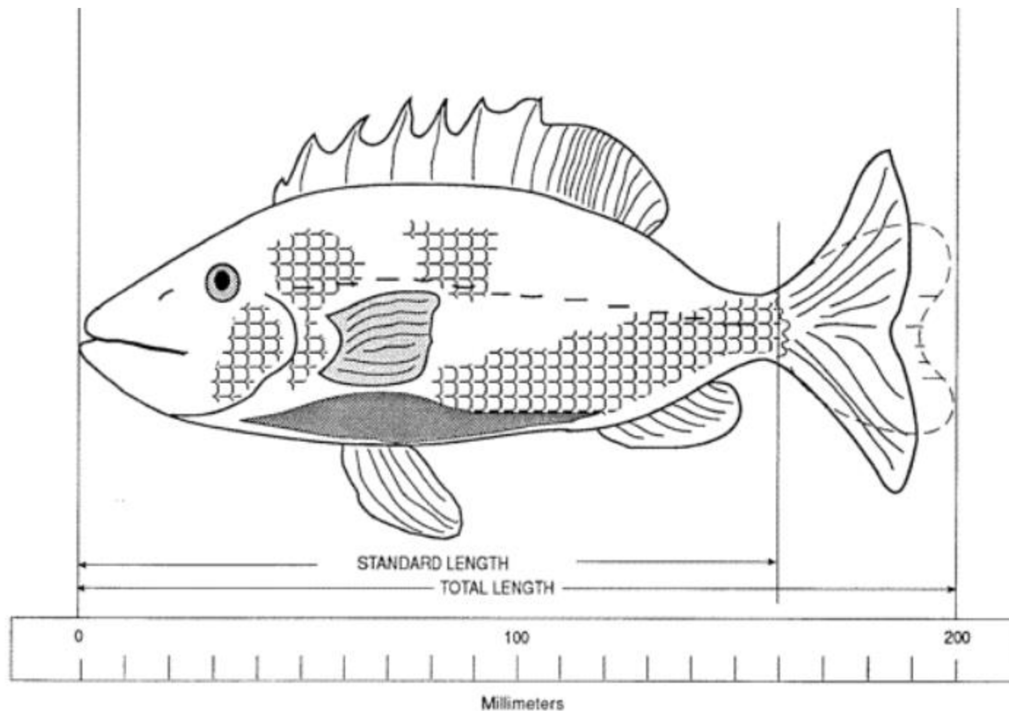
Od datuma uzorkovanja do datuma obrade uzroci su bili pohranjeni u hladnjačama (-20°C) u praktikumu Fakulteta prirodnih znanosti.

Svaka ulovljena jedinka bila je muškoga spola te u adultnom stadiju životnog ciklusa za vrijeme mrijesta. Jedinke *S. aurata* prikupljene su okviru ribolovnih aktivnosti malog obalnog ribolova u periodu od 21. listopada 2020. godine do 22. travnja 2021. uz primjenu jednostrukih mreža stajaćica veličine mrežnog tega od 80 mm.

Tablica 2. Zabilježene vrijednosti parametara mase, ukupne te standardne duljine (srednja vrijednost ± standardna devijacija).

	MASA (g)	UKUPNA DULJINA (cm)	STANDARDNA DULJINA (cm)
PROSJEČNA	283,7± 87,27	27,67 ± 3,00	20,93 ± 2,45
MAKSIMALNA	394	32,9	24,9
MINIMALNA	108	21,6	16,1

Prosječna masa analiziranih jedinki bila je 283,7±87,27 grama dok je prosječna vrijednost ukupne duljine iznosila 27,67±3,00 centimetara (Tablica 2). Mase jedinki varirale su od minimalnih 108 grama do maksimalnih 394 grama. Minimalna zabilježena ukupna duljina iznosila je 21,6 centimetara dok je minimalna standardna duljina iznosila 16,1 centimetar. Maksimalna ukupna duljina bila je 32,9 centimetara dok je maksimalna standardna duljina iznosila 24,9 centimetara.



Slika 6. Prikaz razlike pri mjerenju ukupne duljine i standardne duljine (preuzeto s: <https://water.usgs.gov/nawqa/protocols/OFR-93-104/fishp25.html>)

3.2. ANALIZA I PROMATRANJE MIKROPLASTIKE U MORSKIM ORGANIZMIMA

Probavila prethodno ulovljenih primjeraka orada (*S. aurata*) skladištila su se u sterilnim bočicama s naznačenim datumima i lokacijama na -20°C (Slika 7 i Slika 8).



Slika 7. Primjer probavila



Slika 8. Primjer označene vijale



Slika 9. Dva uzorka probavila u procesu digestije

Probavila su se ispirala pod blagim mlazom hladne vode kako bi se uklonila eventualna prethodna kontaminacija. U zasebnu staklenu čašu ulijevala se 10 % otopina kalijevog hidroksida (KOH) kako bi se potpomogla digestija probavila. Probavilo u otopini se pokrilo čistim Petrijevim staklom kako bi se prevenirala eventualna kontaminacija tijekom digestije na digestatoru. Temperatura digestije nije prelazila 75 °C, dok je broj vrtnji u minuti varirao između 100 i 300 okretaja. Vrijeme digestija ovisilo je o veličini analiziranog probavila (Slika 9).



Slika 10. Vakuumpumpa (preuzeto s: <https://www.rocker.com.tw/en/product/lab-pumps/oil-free-vacuum-pump/rocker-400-oil-free-vacuum-pump/>)

Nakon digestije, sadržaj probavila odvajao se od otopine procesom filtracije uz pomoć vakuumpumpe (Slika 10), filter papira i keramičkog filtera (Slika 11). Filter papir sa sadržajem probavila stavlja se na posebnu Petrijevu zdjelicu i promatrao pod mikroskopom. Čistom pincetom odvajao se biogeni sadržaj želuca od antropogenog te su se niti mikroplastike skladištile u sterilne vijale. Količine mikroplastike zapisivale su se u tablicu i kategorizirale po boji i obliku.



Slika 11. Posložena aparatura za vakuum filtraciju; Büchnerov lijevak, filter papir, boca za odsisavanje, odvodna i dovodna cijev (Izvor: kolegica Turković D.)

Na sterilne staklene bočice (Slika 12) zapisivao se datum i lokacija kada je riba bila ulovljena te njen dodijeljeni broj. Za svo vrijeme analize u posebnoj Petrijevoj zdjelici vršila se kontrola na sterilnom filter papiru, kako bi se zabilježila količina kontaminacije u laboratoriju.



Slika 12. Staklena bočica za skladištenje pronađenih čestica

3.3. NAČIN IZOLACIJE PROBAVILA

Probavilo bi se iz bočice izvuklo čistom pincetom te opralo pod blagim mlazom vode obzirom da iz istog nije izoliran sadržaj. Isprano probavilo stavilo se u laboratorijsku čašu volumena od 80 do 100 mL. Potom se dodavala 10 % otopina kalijeva hidroksida (KOH) za lakšu digestaciju probavila. Prije stavljanja na digestator, u čašu s probavilom i kalijevim hidroksidom dodan je i magnet kako bi se dodatno ubrzao proces digestacije. Jedna do dvije čaše stavljale su se na digestator pri temperaturi od 75°C. Čaše su poklopljene Petrijevim zdjelicama kako bi se spriječila kontaminacija uzorka.

3.4. NAČIN IZOLACIJE MIKROPLASTIKE

Nakon što se probavilo u potpunosti razgradilo, iz laboratorijske čaše bi čistom pincetom izvukli magnet, te dobivenu otopinu dodatno pročistili koristeći sustav vakuum pumpe, lijevka i posude za otpadnu vodu. Na keramički lijevak bi položili filter papir dodatno pričvršćen tankim gumama te ga polili destiliranom vodom kako bi lakše i bolje prijanjao uz pore lijevka. Sadržaj laboratorijske čaše, odnosno otopinu digestiranog probavila i kaljevog hidroksida, polako bi izlivali na filter papir dok bi sustav vakuuma odvodio višak tekućine, a sitne čestice bi se zadržavale na filter papiru.

Filter papir se zatim postavljao na ispranu Petrijevu zdjelicu te promatrao pod mikroskopom. Čestice bi iz uzorka odvajali ispranom pincetom te stavljali u staklene bočice. Na samim bočicama naznačeni su: broj uzorka, datum uzorkovanja, lokacija uzorkovanja kao i skraćenice naziva samih čestica.

Za cijelo vrijeme izoliranja mikroplastike, na zasebnom filter papiru, vršila se kontrola kontaminacije prostora. Kada bi se izolirale čestice iz uzorka, pod mikroskopom se provjeravala i kontrola za usporedbu s česticama iz uzorka. Čestice s kontrolnog filter papira odvajale su se u posebne staklene bočice: izvana označeno brojem uzorka, datumom uzorkovanja, lokacijom te brojem čestica u kontroli.

3.5. NAČIN RASVRSTAVANJA ČESTICA MIKROPLSTIKE

Pronađene čestice u probavilu razvrstavali smo ovisno o njihovom obliku te ovisno o boji čestice. Obzirom na oblik, čestice smo podijelili u tri kategorije; čestice filma, fragmente te niti (eng. *fiber*). Osim bilježenja sastava čestica, bilježila se i njihova boja te prozirnost.

Sample	01-YP-01-12.11.20		
Date			
	Fragm	Film	Fibre
< 100 μ			
100 - 500 μ			
500 μ - 1 mm			
1-5mm			
> 5 mm			
Colourless			
White			
Yellow			
Orange			
Red			
Pink			
Purple			
Blue			2
Green			1
Brown			
Grey			
Black			
Solid			3
Transp			
Comment	BC-5 (FB)		

Slika 13. Tablica za bilježenje pronađenih čestica

4. REZULTATI

4.1. FOTOGRAFIJA I PRIMJER MIKROPLASTIKE



Slika 14. Primjer čestice mikroplastike tip fiber pronađene u uzroku

Ispod mikroskopa pojedinačno su pregledavani uzorci razgrađenih probavila. Odmicanjem ostataka probavnih sokova i razgrađene hrane pronalazile su se čestice mikroplastike. Primjer iznad (Slika 14) prikazuje česticu niti mikroplastike koja je pronađena u probavilu te kao takva odvojena i kasnije skladištena u staklene bočice.

4.2. BROJNOST MIKROPLASTIKE U PROBAVILU

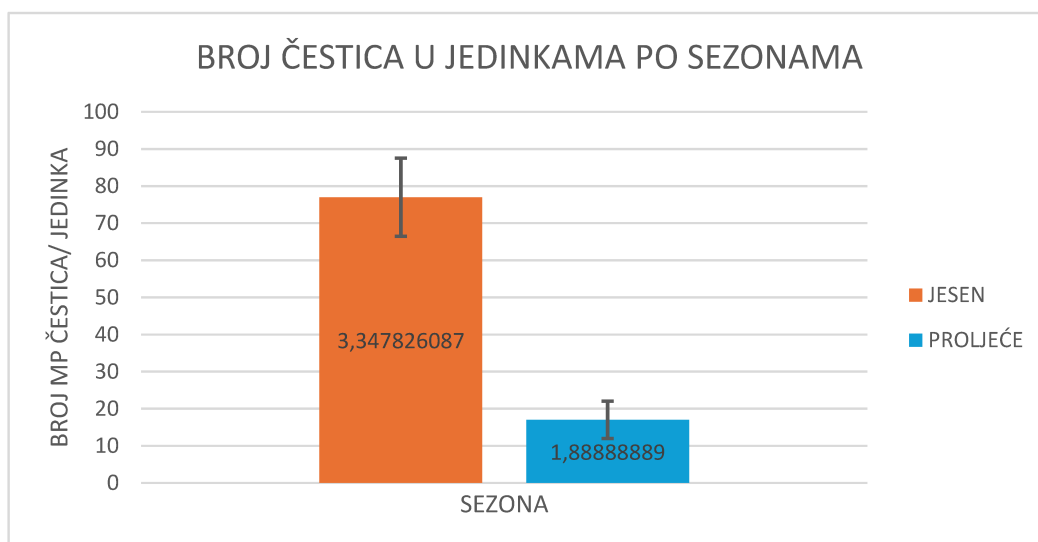
U 32 promatrana probavila pronađene su 94 čestice mikroplastike i sve su pripale tipu niti. Bitno je naglasiti kako uz sve poduzete mjere protiv vanjske kontaminacije, mogućnost slučajne vanjske kontaminacije uzorka pri samoj obradi nije bila isključena. Nekolicina pronađenih čestica činila se prethodno ingestiranim, no materijale i metode za daljnje istraživanje nisu bile planirane. Naime, pojedine čestice niti bile su prekrivene probavnim sokovima te zapletene u ostatak sadržaja probavila što ostavlja dojam da je sam plijen orade ingestirao česticu te je onda orada pojela plijen i time unijela mikroplastičnu česticu.

Nadalje, u spomenutoj kontroli koja se vršila paralelno s uzrokovanjem probavila pronađeno je sveukupno 57 čestica, odnosno $1,78 \pm 2,51$ čestica po jedinci. Minimalne vrijednosti u kontroli iznosile su nula dok je maksimalni broj pronađenih čestica u jednoj kontroli bio devet.

4.3. BROJNOST MIKROPLASTIKE U PROBAVILU PO SEZONAMA

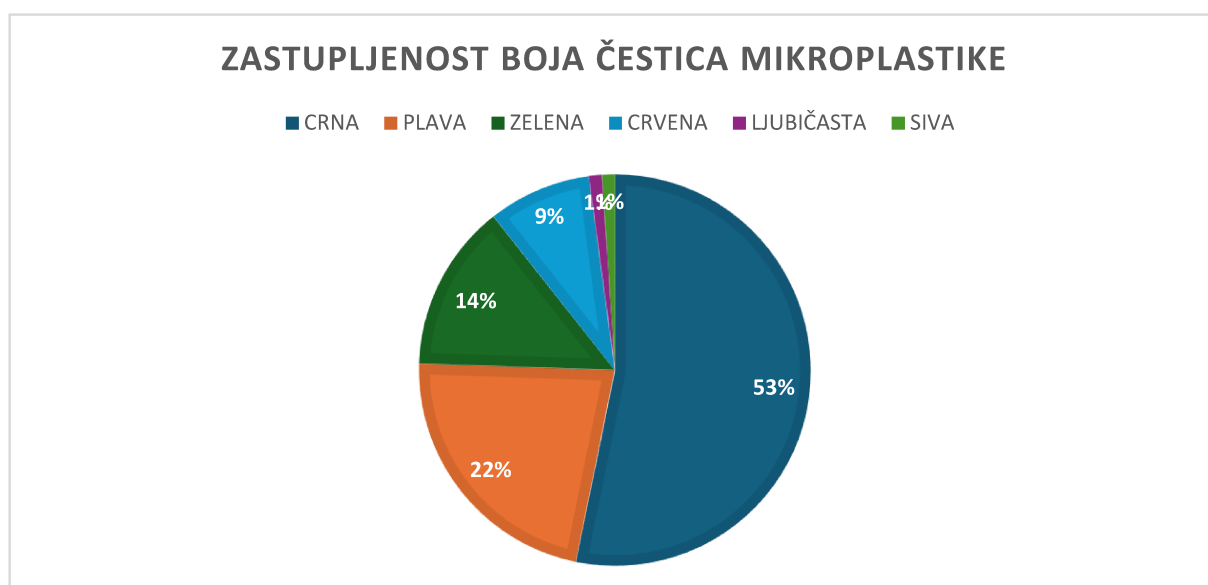
Probavila orada (*S. aurata*) uzorkovana su tijekom dvije sezone: u jesen i u proljeće. Od 33 uzorkovana probavila, njih čak 24 uzorkovana su tijekom jesenske sezone, dok je ostalih devet probavila uzorkovano u proljetnom periodu.

Tijekom jesenske sezone uzorkovana su 24 probavila te je u njima pronađeno sveukupno 77 čestica mikroplastike od ukupnih 94 (Slika 15). Srednja vrijednost pronađenih čestica u probavilu iznosila je $3,34 \pm 10,52$. U nekim slučajevima, nije pronađena niti jedna čestica mikroplastike, dok je u nekim probavilima pronađeno i do 18 niti.



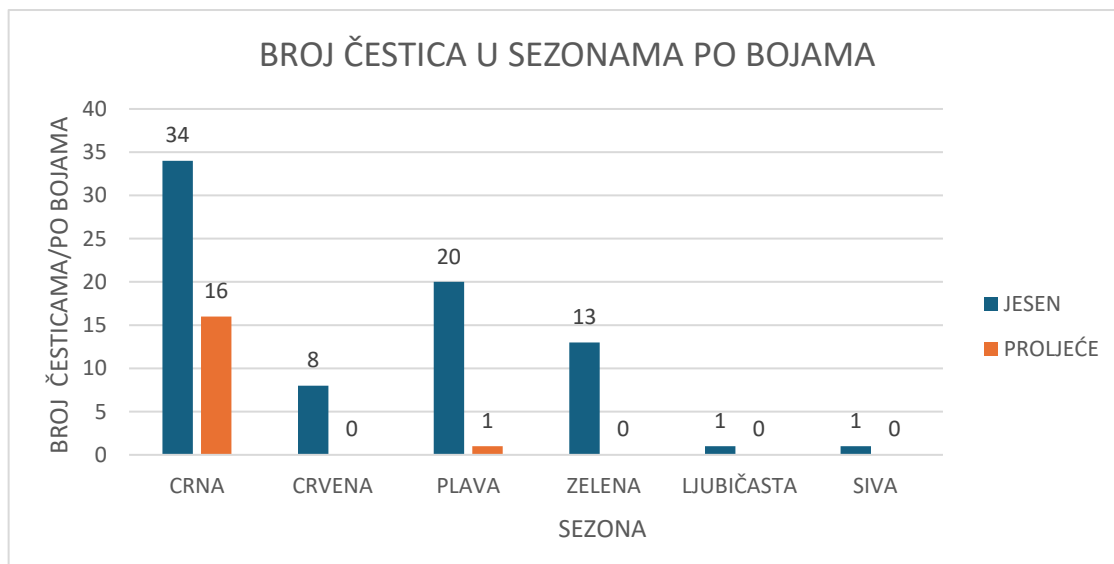
Slika 15. Prikaz brojnosti čestica mikroplastike (srednja vrijednost \pm standardna devijacija) u probavilu orade po sezonama

Za vrijeme proljetne sezone uzorkovano je devet probavila, gdje je pronađeno 17 čestica mikroplastike od sveukupnih 94. Srednja vrijednost broja čestica u jedinci jest $1,88 \pm 5,03$. Kako je i prije naglašeno, u pojedinim probavilima nije pronađena niti jedna čestica, dok je u nekima pronađen veći broj nego što srednja vrijednost iskazuje.



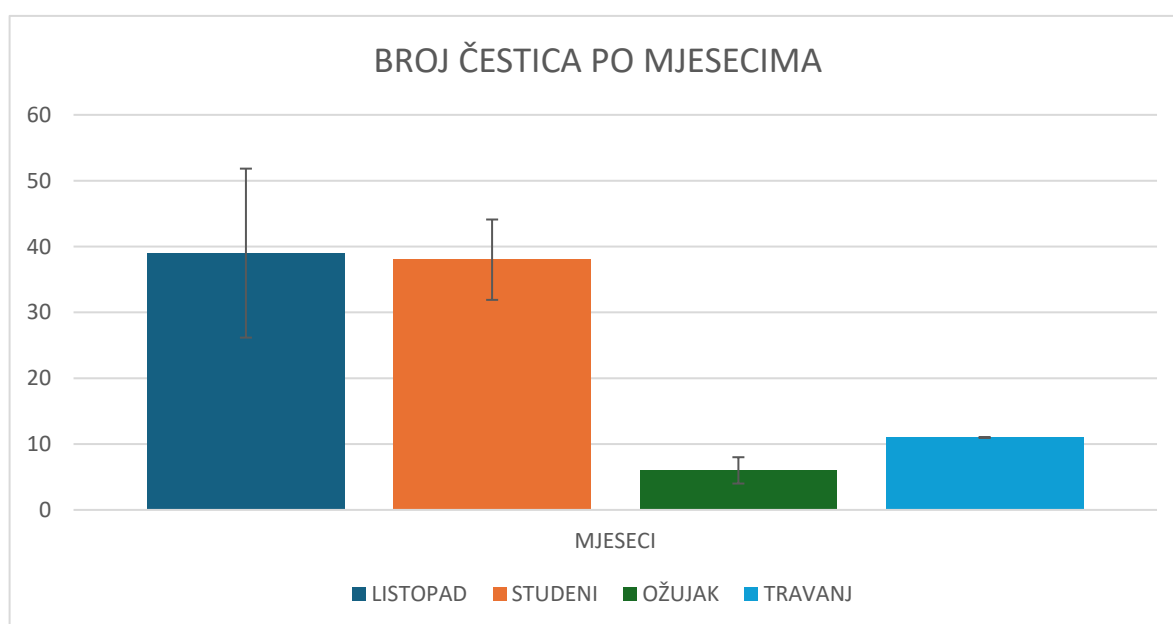
Slika 16. Zastupljenost čestica (%) pronađenih u probavilu orade obzirom na

Čestice crne boje bile su najzastupljenije te čine 53 % ukupnih pronađenih čestica. Plave čestice činile su 22 % od ukupnog broja čestica. Manje zastupljene su bile čestice zelene boje te su činile 14 % od ukupnog broja, a slijede ih crvene čestice s 9 %. Ljubičaste i sive čestice pronađene su samo po jedan primjerak od svage te čine 1 %.



Slika 17. Raspodjela pronađenih česticama u probavilu orade po bojama i

Čestice crne boje bile su najzastupljenije u ordama ulovljenima i u jesen i u proljeće te ih sveukupno ima 50 od ukupno 94 pronađene čestice. Crvene i zelene čestice bile su prisutne samo u jedinkama koje su ulovljene u jesen. Plave čestice bile su prisutne u jedinkama ulovljenima u onje sezone, ali su bile brojnije u jesen dok je u proljeće pronađena samo jedna čestica. Po jedan primjerak ljubičastih i sivih čestica pronađen je u jedinkama ulovljenim u jesen.



Slika 18. Prikaz brojnosti čestica u probavilu orade po mjesecima

Najveći broj čestica pronađen je u jedinkama ulovljenim u mjesecu listopadu i u mjesecu studenome. Jedinke ulovljene u ožujku i travnju imale sadržavale su manji broj čestica u usporedbi s listopadom i studenim.

5. DISKUSIJA

U 2018. godini 95 % otpada koji je plutao mediteranskim vodama i ležao na plažama bio je plastični. Ključni gospodarski sektori poput: ribarskih aktivnosti, kvalitete ribe i turizma pogođeni su onečišćenjem Mediterana mikroplastikom. Morski otpad košta Europsku Uniju 61,7 milijuna eura godišnje zbog smanjenja kvalitete ribe, sniženih turističkih aktivnosti zbog zagađenih plaža što dovodi do smanjenja broja radnih mjesta i povećanja troškova čišćenja luka i obale (Chatziparaskeva i sur., 2022). Opće je poznato i prihvaćeno da gutanje mikroplastike može izazvati fizičke, fiziološke i ekotoksikološke učinke na morske vrste, uključujući komercijalno važne vrste kao što je *S. aurata* (Alomar i sur., 2021).

U ovome radu, primarna zadaća bila je utvrđivanje brojnosti čestica po probavilu jedinke orade. Iako istraživanje nije provedeno za vrijeme turističke sezone, rezultati mogu pomoći u analizi čestica s obzirom na čimbenike - vanezonske ili sezonske. Uzorci orade uzimani su na dvije lokacije u Istarskoj županiji tijekom nekoliko mjeseci i dva različita godišnja doba; točnije u jesen – tijekom listopada i studenog te u proljeće – tijekom ožujka i travnja. Utvrđeno je da je broj čestica od 1,88 do 3,34 što je u skladu s česticama pronađenih kod vrsta orada iz turskog područja čije srednje vrijednosti iznose 2.00 ± 0.87 (Güven i sur., 2017).

Rezultati ovog rada također su u skladu s provedenim istraživanjem na područjima sjevernog Tirenskog mora, Jadranskog mora i Jonskog mora; gdje srednje vrijednosti po jedinci oslića iznose 1.09 ± 0.30 te za trlju od kamena 1 na području Jadrana (Giani i sur., 2019). To pokazuje kako vrijednosti ne odskaču bez obzira na vrijeme i uzorkovanu vrstu.

U usporedbi s iznosom za područje Španjolske, gdje je srednja vrijednost po jedinki iznosila 20.11 ± 2.94 (Bayo i sur., 2021), rezultati ovoga rada pokazuju puno bolju opću sliku gospodarenja otpadom u Jadranu. Možemo uzeti u obzir kako Španjolska obala ima direktan doticaj s Atlantskim oceanom, što u široj perspektivi znači da smeće i plastika iz okolnih područja može strujama doći do Španjolske i tamo se akumulirati. Također, turizam je razvijen na oba područja, te je jedan od glavnih doprinosa onečišćenja mora otpadom mikroplastike.

Treba uzeti u obzir i prehrambene navike, veću količinu vlakana koju unose ribe svejedi nego biljojedi i mesojedi. *S. aurata* ima vrlo raznoliku prehranu, svejed je u

juvenilnom stadiju i dok predatorsko ponašanje nastupa u daljnjoj fazi te je zbog toga u nekim jedinkama prisutno i do 18 niti mikroplastike (Bayo i sur., 2021). Eksperimentalni rezultati pokazuju da se ingestija čestica mikroplastike u *S. aurata* povećava s vremenom, a vrijednosti ingestije su najviše nakon tri mjeseca izlaganja hrani obogaćenom mikroplastikom (Alomar i sur., 2021).

Nekolicina istraživanja navodi kako se upravo u vrijeme mrijesta, kada su ove uzrokovane jedinke i ulovljene, oradama snižava apetit. Kako je navedeno, najveći broj čestica pronađen je u probavilima jedinki ulovljenih u listopadu 2020. godine.

Najviše niti mikroplastike pronađeno je u crnoj boji. Točan razlog zašto su čestice crne boje najbrojnije ne možemo utvrditi sa sigurnošću, no obzirom na oradine dijetarne preference možemo nagađati kako je komad izvorne mikroplastike mogao sličiti plijenu. Ipak to ne možemo u potpunosti potvrditi obzirom da ne znamo originalni oblik makroplastike, niti je li to pravi i jedini razlog. Prisutnost plavih i zelenih čestica najlakše možemo pripisati otrgnutim komadima ribarskih mreža. Obzirom na najmanji broj ljubičastih i sivih čestica, iste su najvjerojatnije produkt vanjske kontaminacije pri uzorkovanju.

U Hrvatskoj se kao najzastupljeniji predmeti u morima i priobalju pojavljuju sitni plastični ulomci i čestice polistirena, a zatim slijede pamučna vlakna i poklopci za boce. Posljedično, mikroplastika čini primarnu komponentu otpada, čineći 90 % analiziranih uzoraka sedimenta (Chatziparaskeva i sur., 2022). Sastav i veličinska frakcija mikroplastike varira ovisno o sezoni te geografskom podneblju, a antropogeni utjecaj također igra bitnu ulogu. U konkretno navedenim uzorcima pronađena su samo vlakna mikroplastike, što može biti karakteristično za samu oradu ili za Istarsko podneblje. Na razini Jadranskog mora sastav i veličinska frakcija mikroplastike može varirati i odstupati ovisno o vrsti ribe, ali i o okolišnim čimbenicima, kako prirodnim tako i antropogenim.

6. ZAKLJUČAK

U oradama s južnog i istočnog područja Istre pronađene su 94 čestice mikroplastike, od čega su sve oblika niti. Tijekom obje sezone u oradama južnog područja Istre pronađeno je sveukupno 50 čestica mikroplastike dok je brojnost čestica mikroplastike u probavilima orada s istočne obale Iste nešto niža: točnije 44 zabilježene čestice. Kategorizacijom po boji zaključili smo kako ima najviše crnih čestica, čija brojnost iznosi 50. Uzevši u obzir reprodukcijski ciklus i životni stadij uzrokovanih jedinki, ne možemo zaključiti točan razlog akumulacije mikroplastike u probavilima niti podrijetlo mikroplastike.

Uzevši u obzir kako su orade uzorkovane van turističke sezone, priljev otpada pa tako i same plastike i mikroplastike možemo prepisati priljevu iz okolnih rijeka. Obzirom na geografsku poziciju mjesta uzorkovanja, najvjerojatnije je plastika potekla iz rijeke Po za koju se navodi da je najveći zagađivač Jadranskog mora. Ne možemo isključiti niti rijeke s područja same Istre, obzirom na agrokulturu te ribolovne aktivnosti koje mogu doprinesti onečišćenju. Jednako tako možemo pretpostaviti da je drugi izvor onečišćenja proizašao iz obalnih gradova Italije te nošen strujama i vjetrom dospio u istarsko morsko područje.

Sama sanacija onečišćenja ne može se provesti promatranjem morski organizama već detaljnijom analizom vodenog stupca te svih žarišnih točaka onečišćenja. Uzevši to obzir, gradovi na samoj obali, ali i u unutrašnjosti Republike Hrvatske trebali bi razviti bolji sistem skladištenja i obrade plastičnog otpada. Bitno je naglasiti kako sistem obrade otpada i recikliranje trebaju vršiti svi; na razini pojedinca do većih grupacija i industrijskih kompanija.

Kako bi se otkrio stvarni problem i najveći izvori mikroplastike u Jadranskom moru, potrebno je provesti analizu i riječnih područja i morskih stupaca pored delta rijeka koje se ulijevaju u Jadran. Sve dok se ne provedu slične analize ne može se detektirati problem te je postavljanje hipoteza o porijeklu otpada neutemeljeno.

Svrha rada bila je dokazati prisutnost mikroplastike što je i učinjeno.

7. LITERATURA

- Alarcón, J. A.; Magoulas, A.; Georgakopoulos, T.; Zouros, E.; Alvarez, M. C. (2004.). Genetic comparison of wild and cultivated European populations of the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*.
- Alomar, C., Sanz-Martín, M., Compa, M., Rios-Fuster, B., Alvarez, E., Ripolles, V., . . . Deudero, S. (2021.). Microplastic ingestion in reared aquaculture fish: Biological responses to low-density polyethylene controlled diets in *Sparus aurata*. *Environmental Pollution*.
- Bayo, J., Rojo, D., Martínez-Baño, P., López-Castellanos, J., & Olmos, S. (2021.). Commercial Gilthead Seabream (*Sparus aurata* L.) from the Mar Menor Coastal Lagoon as Hotspots of Microplastic Accumulation in the Digestive System. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
- Bermúdez, J. R., & Swarzenski, P. W. (2021.). A microplastic size classification scheme aligned with universal plankton survey methods. *MethodsX*.
- Blašković, A., Fastelli, P., Čižmek, H., Guerranti, C., & Renzi, M. (2016.). Plastic litter in sediments from the Croatian marine protected area of the natural park of Telašćica bay (Adriatic Sea). *Marine Pollution Bulletin*.
- Chatziparaskeva, G., Papamichael, I., & Zorpas, A. A. (2022.). Microplastics in the coastal environment of Mediterranean and the impact on sustainability level. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*.
- Ferrante, M., Pietro, Z., Allegui, C., Maria, F., Antonio, C., Pulvirenti, E., . . . Banni, M. (2022.). Microplastics in fillets of Mediterranean seafood. A risk assessment study. *Environ Res*.
- Galgani, F., Fleet, D. M., Van Franeker, J. A., Katsanevakis, S., Maes, T., Mouat, J., . . . Janssen, C. (2010.). *Marine Strategy Framework Directive: Task Group 10 Report Marine litter*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Giani, D., Baini, M., Galli, M., Casini, S., & Fossi, M. C. (2019.). Microplastics occurrence in edible fish species (*Mullus barbatus* and *Merluccius merluccius*) collected in three different geographical sub-areas of the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*.

- Güven , O., Gokda, K., Jovanović, B., & Kideys, A. E. (2017.). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish . *Environmental Pollution*.
- Hamed, M., Martyniuk, C. J., Lee, J.-S., Shi, H., & Sayed , A.-D. H. (2023.). Distribution, abundance, and composition of microplastics in market fishes from the Red and Mediterranean seas in Egypt. *Journal of Sea Research*.
- Ibarra, Z., & Duncan, N. (2012). Spawning behaviour of gilthead seabream (*Sparus aurata*) reared and held in captivity. *The Physiology of Fish Behaviour* (str. 11). Norwich, United Kingdom: Spanish Journal of Agricultural Research.
- Lamichhane, G., Acharya, A., Marahatha, R., Modi, B., Paudel, R., Adhikari, A., . . . Parajuli, N. (2023.). Microplastics in environment: global concern, challenges, and controlling measures. *Springer Nature*.
- Mhalhel, K., Levanti, M., Abbate, F., Laurà, R., Guerrera, M., Aragona, M., . . . Montalbano, G. (2023.). Review on Gilthead Seabream (*Sparus aurata*) Aquaculture: Life Cycle, Growth, Aquaculture Practices and Challenges. *Journal of Marine Science and Engineering*.
- Rogers, K. (2024.). *Encyclopedia Britannica*. Dohvaćeno iz microplastics: <https://www.britannica.com/technology/microplastic>. Accessed 21 May 2024.
- Sánchez-Almeida, R., Hernández-Sánchez, C., Villanova-Solano, C., Díaz-Peña, F. J., Clemente, S., González-Sálamo, J., . . . Hernández-Borges, J. (2022.). Microplastics Determination in Gastrointestinal Tracts of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) and Gilt-Head Sea Bream (*Sparus aurata*) from Tenerife (Canary Islands, Spain). *Polymers*.
- Schmid, C., Cozzarini, L., & Zambello, E. (2021.). A critical review on marine litter in the Adriatic Sea: Focus on plastic pollution. *Environmental Pollution*.
- Sharma, S., Sharma, V., & Chatterjee, S. (2021.). Microplastics in the Mediterranean Sea: Sources, Pollution Intensity, Sea Health, and Regulatory Policies. *Frontiers*.
- Soliz, D. L., Paniagua Gonzalez, G., Muñoz-Arnanz, J., Bravo-Yagüe, J. C., Fernández Hernando, P., & Garcinuño Martínez, R. M. (2024.). Identification and

morphological characterization of different types of plastic microparticles. *Heliyon*.

Steensgaard, I. M., Syberg, K., Rist, S., Hartmann, N. B., Boldrin, A., & Hansen, S. F. (2017.). From macro- to microplastics - Analysis of EU regulation along the life cycle of plastic bags. *Environmental Pollution*.

Tasseron, P. F., van Emmerik, T. H., Vriend, P., Hauk, R., Alberti, F., Mellink, Y., & van der Ploeg, M. (2024). Defining plastic pollution hotspots. *Science of the Total Environment*.

Tsangaris, C., Digka, N., Valente, T., Aguilar, A., Borrell, A., de Lucia, G., . . . Matiddi, M. (2020.). Using Boops boops (osteichthyes) to assess microplastic ingestion in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*.

FOTOGRAFIJE

Slika 1. https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2215016121003095-gr1_lrg.jpg

Slika 2. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9135010/figure/Fig1/>

Slika 3. Ibarra, Zohar & Duncan, Neil. (2012). Spawning behaviour of gilthead seabream (*Sparus aurata*) reared and held in captivity.

(https://www.researchgate.net/publication/271845253_Spawning_behaviour_of_gilthead_seabream_Sparus_aurata_reared_and_held_in_captivity/citation/download)

Slika 4. Google maps

(<https://earth.google.com/web/search/Medulinski+Zalayev/@44.80158856,13.92446331,0.03952993a,2927.66438526d,35y,0h,0t,0r/data=CnwaUhJMCiUweDQ3NjMyYmMyNWNiMzRjMmQ6MHgxYzhIMWQ2ZDc5MDJINGM1GUCqvHiaZkZAIvi070BT2StAKhFNZWR1bGluc2tpIFphbGpldhgCIAEiJgokCaRzAPKFhEZAQVR5N0yTf0ZAGcZ9DzPGQCxAIZySyqoDBCxA>)

Slika 5. Google maps

(<https://earth.google.com/web/search/Ra%c5%a1ki+zaljev/@45.0195706,14.04702285,0.00824928a,576.47026935d,35y,0h,0t,0r/data=CngaThJiCiUweDQ3NjMzNWUxODUyN2lwZDU6MHg0ODQ1MmQ1N2UzY2NiZDIjGe1rE91pgkZAIUPEzalkGCxAKg1SYcWha2kgemFsamV2GAIgASImCiQJ3GZWa6pnRkARLkm8TYpIRkAZhWwmD1PmK0AhKPy4clPMK0A>)

Slika 6. <https://water.usgs.gov/nawqa/protocols/OFR-93-104/fishp25.html>

Slika 10. <https://www.rocker.com.tw/en/product/lab-pumps/oil-free-vacuum-pump/rocker-400-oil-free-vacuum-pump/>

8. SAŽETAK

Onečišćenje okoliša plastikom godinama je aktualan problem koji privlači pozornost ekologa, ali i šire opće javnosti. Obzirom na svoju osjetljivost, morskom okolišu se posebno pridaje pozornost po pitanju ovog problema. Cilj ovoga rada bio je utvrditi koliko se mikroplastike akumulira u najčešćoj komercijalnoj vrsti Jadranskog mora, točnije u oradi *Sparus aurata*. U Istarskoj županiji tijekom jeseni i proljeća uzorkovale su se jedinke orada za vrijeme mrijesta, a njihova probavila testirana su na prisutnost mikroplastike. Probavila suse otapala u otopini kalijeva hidroksida (KOH). Na poslijetku razgrađena probavila su se promatrala pod mikroskopom. U probavilima je pronađeno 77 čestica u jesenskom periodu, te 17 čestica u proljetnom periodu. Najčešći oblik čestica bile su niti (eng. *fiber*). Prema boji najprisutnije su niti crne boje, čak njih 53 %, dok je pronađeno manje plavih 22 % i 14 % zelenih čestica. Determinacija glavnih izvora onečišćenja pojedinih prostora kao i bolje razumijevanje mehanizma ingestije mikroplastike kod riba trebaju predstavljati glavni fokus u budućim istraživanjima.

9. ABSTRACT

Environmental pollution with plastic has been a current problem for years, attracting the attention of ecologists, but also of the general public. Due to its sensitivity, the marine environment receives special attention regarding this problem. The aim of this work was to determine how much microplastic accumulates in the most common commercial species of the Adriatic Sea, more specifically in sea bream *Sparus aurata*. In the County of Istria, during the fall and spring, sea bream individuals were sampled during spawning, and their digestive tracts were tested for the presence of microplastics. Digestive tracts would be digested in potassium hydroxide (KOH) solution. Finally, the decomposed digesta would be observed under a microscope. 77 particles were found in the digestive tracts in the autumn period, and 17 particles in the spring period. The most common form of particles found were fibers. According to the color, black threads are most present, as many as 53% of them, while less blue, with 22% and 14% green particles were found. The determination of the main sources of pollution in certain areas as well as a better understanding of the mechanism of microplastic ingestion by fish should be the main focus of future research.