

# MIKROPLASTIKA U OCEANIMA I MORSKIM ORGANIZMIMA

---

**Kuntić, Iva Marijana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:336527>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-19**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA  
MLJEKARSTVO

Iva Marijana Kuntić

**POJAVA MIKROPLASTIKE U OCEANIMA I MORSKIM  
ORGANIZMIMA**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, rujan 2021.

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA**

**MLJEKARSTVO**

Iva Marijana Kuntić

**Pojava mikroplastike u oceanima i morskim organizmima**

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor: dr.sc. Sandra Zavadlav, prof. v.š

Broj indeksa studenta: 0314617027

KARLOVAC, rujan 2021.

## IZJAVA O AUTENTIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA

Ja, ovime izjavljujem da je moj završni rad pod naslovom „**Pojava mikroplastike u oceanima i morskim organizmima**“ rezultat vlastitog rada i istraživanja te se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši autorska prava.

Sadržaj ovoga rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Karlovac, rujan 2021.

Ime i prezime studenta

Iva Marijana Kuntić

---



## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel prehrambene tehnologije  
Stručni studij prehrambena tehnologija

Završni rad

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

### POJAVA MIKROPLASTIKE U OCEANIMA I MORSKIM ORGANIZMIMA

*Iva Marijana Kuntić*

Rad je izrađen na Veleučilištu u Karlovcu 2021. godine.

Mentor: dr.sc. Sandra Zavadlav, prof. v. š.

#### Sažetak

Problem odlaganja plastike u oceanima jedan je od globalnih problema zbog štetnog djelovanja mikroplastika na morski svijet, a posljedično na ljudsko zdravlje. Znanstvenici upozoravaju da od cjelokupnog otpada koji se nalazi u oceanima najveće probleme uzrokuje upravo mikroplastika. Mikroplastika se pronalazi u često korištenim komercijalnim proizvodima kao što su proizvodi za osobnu njegu i kozmetiku. Plastika koja završi u oceanima se ne razgrađuje već se nakon određenog broja godina raspada i usitnjava na mikroplastične čestice koje ulaze u hranidbeni lanac te već danas dolazi na naše stolove i tanjure. U predmetnom radu napisan je pregled i osvrt na istraživanja u kojima se promatra i opisuje pojavljivanje mikroplastike te kako ona utječe na morski svijet i općenito okoliš te na koji način se može smanjiti udio iste u oceanima.

**Ključne riječi:** mikroplastika, morski svijet, oceani, plastika, razgradnja plastike

**Broj stranica:** 37

**Broj slika:** 13

**Broj tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 42

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Datum obrane:** 28.9.2021.

#### Stručno povjerenstvo za obranu:

1. dr. sc. *Halambek Jasna*, v. pred.
2. *Tomislav Dumić*, v. pred.
3. dr. sc. *Sandra Zavadlav*, prof.v.š (mentor)
4. dr. sc. *Bojan Matijević*, prof.v.š. (zamjena)

Rad je pohranjen u knjižnici Veleučilišta u Karlovcu, I. Meštrovića 10, 4700 Karlovac, Hrvatska.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Karlovac University of Applied Sciences  
Department of Food Technology  
Professional Study of Food Technology**

**Final paper**

**Scientific Area: Biotechnical Sciences  
Scientific Field: Food Technology**

### ***OCCURRENCE OF MICROPLASTICS IN OCEANS AND MARINE ORGANISMS***

*Iva Marijana Kuntić*

**Final paper performed at Karlovac University of Applied Sciences, 2021.**

**Supervisor:** Sandra Zavadlav, PhD

#### ***Abstract***

The problem of plastic disposal in the oceans is one of the global problems due to the harmful effects of microplastics on the marine world, and consequently on human health. Scientists warn that of all the waste found in the oceans, microplastics cause the biggest problems. Microplastics are found in commonly used commercial products such as personal care products and cosmetics. Plastic that ends up in the oceans does not decompose, but after a certain number of years it decomposes and breaks down into microplastic particles that enter the food chain and come to our tables and plates today. In this paper, an overview and review of research is written in which the occurrence of microplastics is observed and described and how it affects the marine world and the environment in general, and how its share in the oceans can be reduced.

***Key words:*** marine world, microplastics, oceans, plastics, plastic decomposition

**Number of pages:** 37

**Number of figures:** 13

**Number of tables:** 2

**Number of references:** 42

**Original in:** croatian

**Date of the final paper defense:** 28.9.2021.

#### **Reviewers:**

1. Ph.D. *Jasna Halambek*, sen. lecturer
2. *Tomislav Dumić*, sen. lecturer
3. Ph.D. *Sandra Zavadlav*, collage prof.
4. Ph.D. *Bojan Matijević*, collage prof. (substitute)

**Final paper deposited in:** Library of Karlovac University of Applied Sciences, I. Meštrovića 10, Karlovac, Croatia.

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. ŠTO JE PLASTIKA? .....	2
2.1.2. ŠTO JE MIKROPLASTIKA? .....	3
2.1.3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE MIKROPLASTIKE .....	5
2.1.4. UČESTALI IZVORI MIKROPLASTIKE .....	6
2.1.5. UTJECAJ MIKROPLASTIKE NA MORSKI SVIJET .....	6
2.1.6. UTJECAJ MIKROPLASTIKE NA ŽIVOT U SLATKIM VODAMA I POSREDNO U SLANIM VODAMA .....	9
2.1.7. POJAVA MIKROPLASTIKE U HRANI IZ MORA .....	10
2.1.8. MOGUĆI UTJECAJI MIKROPLASTIKE NA ČOVJEKA .....	13
2.1.8.1. MOGUĆI FIZIKALNI UČINCI MIKROPLASTIKE NA LJUDSKI ORGANIZAM .....	14
2.1.8.2. MOGUĆI KEMIJSKI UČINCI MIKROPLASTIKE NA LJUDSKI ORGANIZAM .....	15
2.1.8.3. MIKROPLASTIKA PRONAĐENA U POSTELJICAMA RODILJA .....	15
2.1.9. RASPODJELA MIKROPLASTIKE PO GEOGRAFSKIM REGIJAMA .....	16
2.2. MIKROPLASTIKA U JADRANU .....	18
2.3. OSVIJEŠTENOST O MIKROPLASTICI U OCEANIMA I MORIMA .....	20
3. RASPRAVA .....	22
4. ZAKLJUČCI .....	26
5. LITERATURA .....	27



## 1. UVOD

Zagađenje oceana rastući je problem u širokom spektru zagađenja okoliša. Do zagađenja oceana dolazi najvećim dijelom iz riječnih priljeva koji nose velike količine otpada. Osim navedenog do zagađenja oceana dolazi i ispuštanjem otpadnih voda i ostalih opasnih tekućina te crpljenjem i transportom nafte. Poput kopna, oceani i mora dom su velikom broju životinjskog i biljnog svijeta. Zagađenjem oceana izravno se utječe na njihov svakodnevni život te za neke vrste čak i opstanak. Problem odlaganja plastike u oceanima jedan je od globalnih problema jer štetno djeluje na morski svijet te posredni i na zdravlje ljudi.

Plastika kao sintetički materijal ima dobra svojstva zbog izdržljivosti, čvrstoće te niske cijene, ali upravo zbog tih osobina predstavlja problem jer potrošači plastične proizvode smatraju jednokratnim. Prema novijim procjenama, u oceanima se nalazi približno 260 000 tona plastičnog otpada. Od cjelokupnog plastičnog otpada koji se nalazi u oceanima najveći problem uzrokuje mikroplastika koja se redovito kod nadzora pronalazi u korištenim komercijalnim proizvodima kao što su proizvodi za osobnu njegu i kozmetiku. Plastika koja završi u oceanima ne može se tijekom vremena razgraditi nego nakon par godina se krupniji komadi raspadaju na mikroplastične čestice.

Također, mikroplastične čestice mogu nastati naknadnom fragmentacijom plastike većih dimenzija fizikalnim, kemijskim i biološkim postupcima. Mikroplastične čestice široko su rasprostranjene u svakom sloju obalnih i morskih sustava i sa vremenom u svijetu je porasla svijest ljudi o toj teškoj i aktualnoj temi.

Prema UN-u u morima se nalazi 51 trilijun čestica mikroplastike, 500 puta više nego što je zvijezda u našoj galaksiji.

Mikroplastiku, nažalost, svakodnevno gutaju morske životinje te ona tim putem ulazi u prehrambeni lanac i dospjeva u hranu za prehranu ljudi. Mikroplastika je pronađena u gotovo svojoj hrani te je pronađena i u pićima, uključujući pivu te vodu iz slavine, ali je pronađena i u medu što posebno zbunjuje znanstvenike.

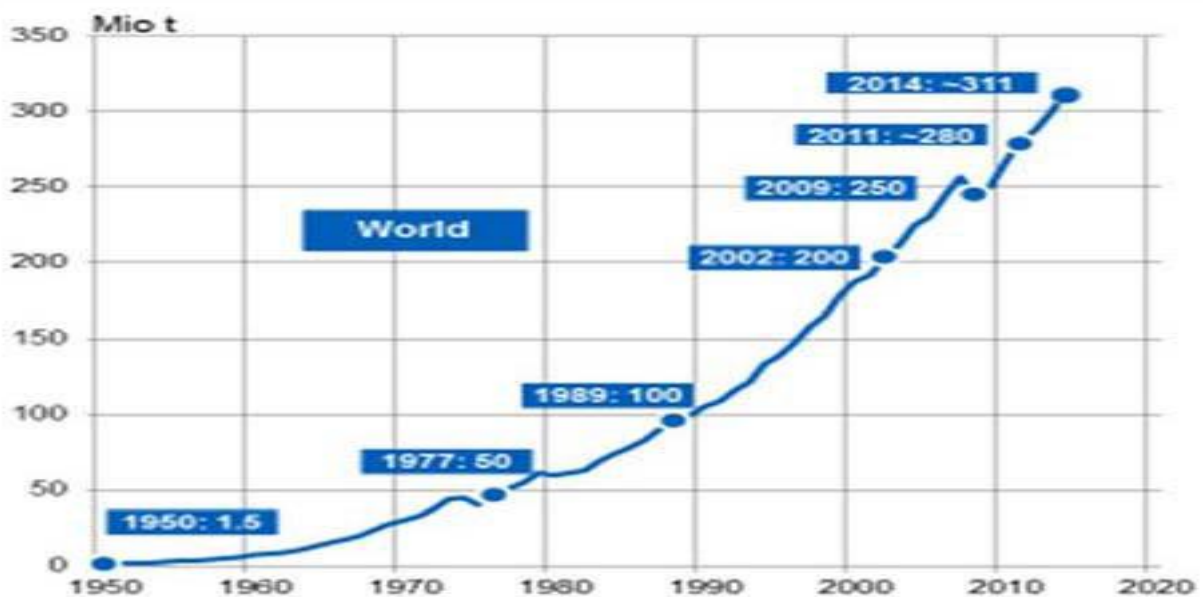
U predmetnom radu naglasak će biti na pronalasku i osvrtu na istraživanja u kojima se razmatra i opisuje mikroplastika te na koje načine ona utječe na morski svijet te općenito okoliš i kako se može smanjiti udio iste u oceanima.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. ŠTO JE PLASTIKA?

Plastika je sintetički polimer koji je fleksibilne prirode i može poprimiti raznovrsne oblike. Plastika se sastoji od dugih polimernih lanaca koji sadržavaju ugljik, kisik, vodik, silicij i klorid, a dobivaju se iz prirodnog plina, nafte i ugljena (Ali Shah i sur., 2008.). Najpoznatiji plastični materijali su polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polietilen tereftalat (PET), polivinil klorid (PVC), polietilen male gustoće (LDPE) te polietilen velike gustoće (HDPE). Navedene vrste zajedno čine 90% proizvedene plastike u svijetu.

Godišnju proizvodnju plastike prati značajan rast u posljednjih 70 godina. Na slici 1 vidljiva je količina proizvedene plastike na godišnjoj razini u cijelom svijetu koja je 1950. godine iznosila je oko 1,5 milijuna tona dok je količina proizvedene plastike 2019. godine iznosi 368 milijuna tona (Garside i sur., 2020.) i neprestano raste.



**Slika 1** Količina proizvedene plastike po godini od 1950. do 2014.

Anonymus (2015.): <https://zg-magazin.com.hr/od-1950-proizvodnja-plastike-u-svijetu-porasla-207-puta/>

Povećanjem proizvodnje plastike u svijetu došlo je do problema odlaganja plastičnih materijala i otpada. Plastičnim spojevima treba dug niz godina kako bi se krenuli raspadati na sitnije dijelove. Raspadanjem plastičnih materijala dolazi do stvaranja manjih čestice koje variraju svojim oblikom i veličinom zbog uvjeta okoliša. Čestice dobivene raspadanjem koje su manje od 5 mm se nazivaju mikroplastične čestice (Anonymus, 2015.).

## 2.1.2. ŠTO JE MIKROPLASTIKA?

Mikroplastika su sitne čestice plastike nastale raspadanjem većih komada plastike u morima i oceanima koje mogu biti štetne za morske organizme. Pod mikroplastikom se smatraju komadići plastike koji su po veličini manji od 5 milimetara, no pod oznakom mikro obuhvaćaju se i komadići manji od milimetra koji su gotovo nevidljivi. Neke od najčešćih boja koje ima mikroplastika su: plava, crvena, bijela, ljubičasta, zelena i žuta, ali također mikroplastika može biti i bezbojna odnosno prozirna (Andrady i sur., 2011.).

Nije oduvijek bilo poznato da se veći komadi plastike u prirodnim procesima postepeno usitnjavaju na manje komadiće. Do usitnjavanja plastike dolazi zbog utjecaja sunca, korozije, valova, međusobnog trenja i vjetrova.

Mikroplastika se dijeli na dvije vrste: primarnu i sekundarnu.

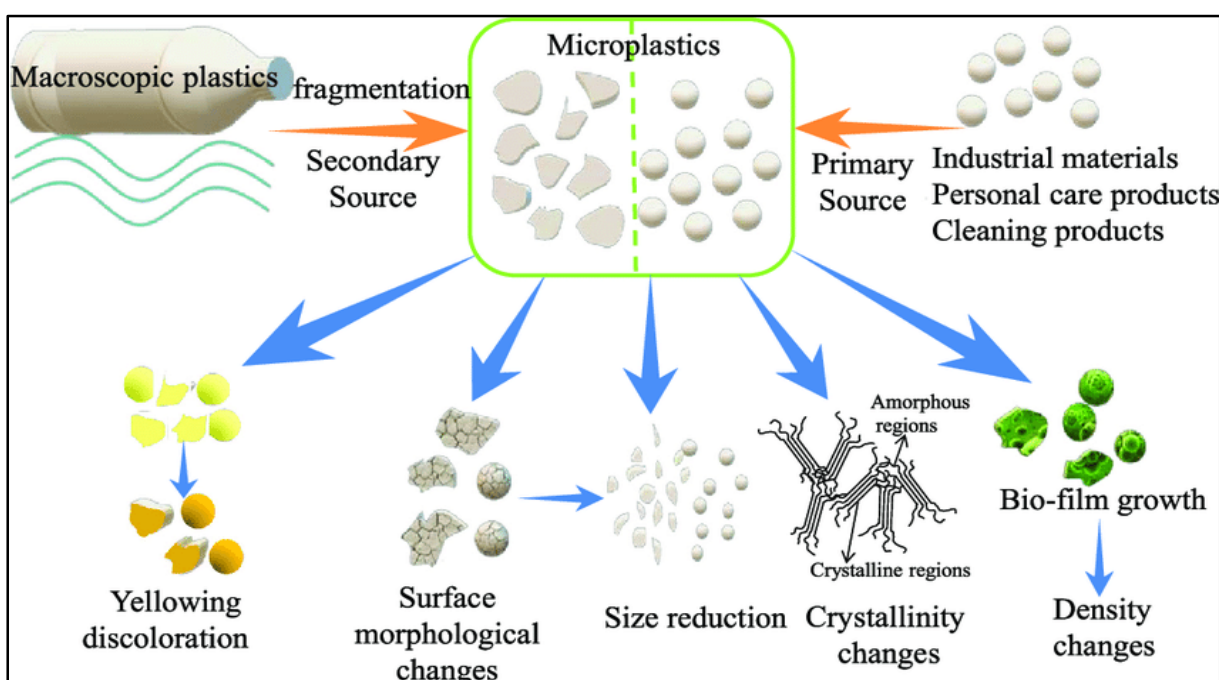
Primarna mikroplastika u mora i oceane dopijeva direktno iz tvornica prilikom proizvodnje koja uključuje čestice plastike. Te čestice mogu biti dodatak proizvodima poput sredstava za čišćenje ili kozmetici (npr. gelovi za tuširanje). Također mogu služiti kao abrazivna sredstva, sredstva protiv nagrizanja guma automobila te za tonere. Procjenjuje se da primarna mikroplastika zauzima između 15 – 31% sveukupne mikroplastike u oceanima (Andrady i sur., 2011.). Slika 2 prikazuje razne vrste mikroplastike koja se nalazi u kozmetičkim proizvodima.



**Slika 2** Mikroplastika u kozmetičkim proizvodima

Anonymus 2 (2021.); <https://www.plasticsoupfoundation.org/en/2016/08/british-parliament-ban-microbeads-personal-care-products-quickly/>

Za razliku od primarne mikroplastike, sekundarna mikroplastika u okoliš ne dolazi direktnim putem već potječe od većih komada plastike u oceanima koji se razgrađuju na manje plastične čestice. Navedeno se događa putem fotodegradacije i ostalih načina lošeg upravljanja otpadom poput odbacivanja plastičnih vrećica i boca ili izgubljenih ribarskih mreža te njihovih dijelova. U prirodi plastični otpad je izložen vanjskim utjecajima poput sunčevog zračenja, kemikalijama, vjetru i sličnima koji potom uzrokuju usitnjavanje, degradaciju, površinske modifikacije, promjenu gustoće i veličine čestica (Andrady i sur., 2011.). Slika 3 ukazuje na promjene svojstva mikroplastike nakon procesa degradacije.



**Slika 3** Promjena svojstva mikroplastike nakon procesa degradacije iste (Guo and Wang, 2019.)

Pojam degradacije označava kemijsku promjenu prilikom koje dolazi do smanjenja prosječne molekularne mase polimera tj. raspadanje većih lanaca na manje te na taj način dolazi do narušavanja mehaničkih svojstava.

Postoji nekoliko vrsta degradacije ovisno o njihovim uzročnicima, a to su:

- biodegradacija,
- termo-oksidativna degradacija,
- fotodegradacija,
- termodegradacija te

➤ hidroliza (Guo and Wang, 2019.).

Biodegradacija se odnosi na degradaciju uz pomoć mikroorganizama te drugih organizama koji sudjeluju u razgradnji, fotodegradacija se odnosi na degradaciju uz pomoć UV – zraka, termodegradacija se odnosi na degradaciju koja se provodi pod visokim temperaturama dok termo-oksidativna degradacija se provodi pri umjerenim temperaturama te hidroliza koja se provodi u reakciji s vodom. (Andrady i sur., 2011.).

### **2.1.3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE MIKROPLASTIKE**

Mikroplastika u „globalu“ nije toksična i štetna za organizam, ali do trovanja organizma može doći zbog dugotrajne izloženosti mikroplastici zbog prisutnosti aditiva poput plastifikatora, pigmenta, antioksidansa, stabilizatora i antioksidansa (Sun i sur., 2019.).

Mirkoplastike ima svojstvena odnosno specifična fizikalna i kemijska svojstva.

Fizikalna karakterizacija je veoma kratka i odnosi se isključivo na veličinu te parametara poput oblika u kojem se nalazi i boje. Sa druge strane kemijska karakterizacija promatra unutarnji sastav mikroplastike.

Za proučavanje kemijskih svojstva mikroplastike koriste se analitički uređaji poput *Fourier-transform infrared spektrofotometra*, *Raman spektrofotometra* (skenirajućeg) te uređaja za tekućinsku kromatografiju i za plinsku kromatografiju i naravno masenu spektrometriju (Sun i sur., 2019.).

Do promjene fizikalnih i kemijskih svojstava dolazi zbog izloženosti mikroplastike zračenju i oksidaciji što dovodi do degradacije polimera odnosno mijenjaju se svojstva poput boje, morfološke površine, kristalne strukture, veličine čestice te gustoće (Crawford and Quinn, 2017.). Mikroplastika je po sastavu manje gustoće od vode i nije biološki razgradiva te se tokom izloženosti vodenoj sredini nakupljaju mikroorganizmi koji stvaraju biofilm. Navedeni biofilm čini važnu ulogu u raspodjeli mirkoplastike u vodama zbog toga što povećava njenu gustoću. Zbog povećanja gustoće mikroplastika tone na tlo i taloži se na sediment.

Mirkoplastika ima veliku aktivnu površinu unatoč maloj veličini i time na sebe privlači brojne onečišćujuće tvari koje time povećavaju njenu štetnost. Tvari koje se talože na površinu mikroplastike su teški metali, patogene i organske tvari. Primjerice, poliklorirani bifetil, policiklički aromatski ugljikovodici i pesticidi (Barletta i sur., 2019.).

Količina i učestalost apsorpcije štetnih i onečišćujućih tvari ovisi o nekoliko čimbenika poput starosti mikroplastike, količini štetnih tvari u okolini, vrsti i molekularnoj strukturi mikroplastike, polarnosti, volumenu te okolišu (Silva i sur., 2018.). Navedena svojstva su

jedan od ključnih razloga zbog kojih mikroplastika predstavlja opasnost za okoliš i žive organizme u morima, a krajnje i za kopnene životinje te ljude (Crawford and Quinn, 2017.).

#### **2.1.4. UČESTALI IZVORI MIKROPLASTIKE**

Kao prema vrsti, mikroplastika se i prema izvoru dijeli na primarnu i sekundarnu.

Primarni izvori mikroplastike bi bili čestice mikroplastike koje dospijevaju u okoliš direktnim putem iz tvornica tokom proizvodnog procesa. Pri takvom ulasku mikroplastike u okoliš ona se već nalazi u promjeru manjem ili približno 5 mm.

Sekundarni izvor mikroplastike nastaje indirektnim putem tj, odbacivanjem većih komada plastike u okoliš. Određenim vremenskim ciklusom komadi plastike se raznim prirodnim procesima poput fotodegradacije i sličnih razgrađuju na manje čestice plastike i stvaraju mikroplastiku u svom okruženju (Crawford i Quinn, 2017.).

#### **2.1.5. UTJECAJ MIKROPLASTIKE NA MORSKI SVIJET**

Dokazano je istraživanjima da plastika i njezini nusprodukti imaju negativan učinak na gotovo sav živi svijet. Plastika koja se nađe u morima i oceanima dolazi u više oblike, a može se pronaći u krupnom obliku poput plastičnih vrećica, boca, čepova i slično, te se može naći u obliku mikroplastike.

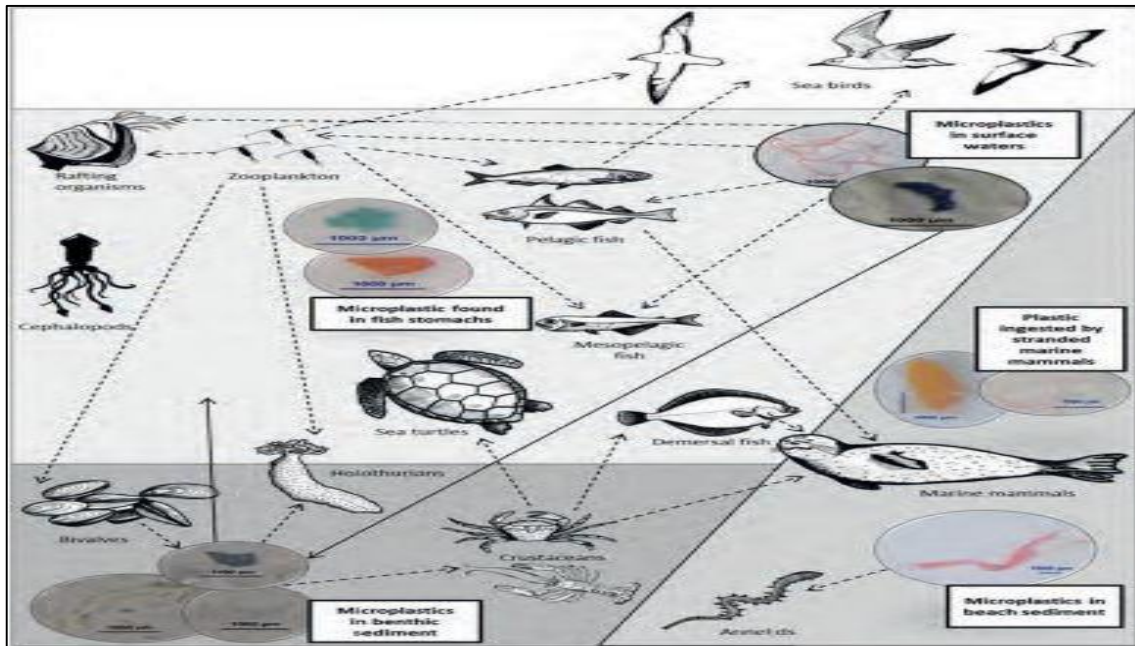
Mikroplastika su čestica koje su jedva mogu vidjeti golim okom. Način kojim mikroplastika najčešće šteti morskim organizmima je taj što je organizmi zamjenjuju sa hranom. Naime, plastika bačena u ocean može biti raznih boja, a takva raznolikost boja veoma je upečatljiva u vodi te privlači pozornost morskim organizmima (Crawford i Quinn, 2017.).

Veći komadi plastike - makroplastika, poput ribarskih mreža i plastičnih vrećica značajno ugrožavaju morske sisavce poput dupina i tuljana te morskih ptica. Negativne posljedice koje proizlaze iz toga su zaplitanje životinja u odbačenim mrežama i gušenje vrećicama misleći da su hrana. Više od 100 000 morskih sisavaca i 1 000 000 morskih ptica ugiba od posljedica uzrokovanih odbačenom plastikom. U utrobama uginulih ptica otkrivene su medicinske šprice, upaljači i četkice za zube koje ptice gutaju jer misle da se radi o hrani (Peternel i sur., 2012.).

Nakon što dođe do usitnjavanja plastike, pojavljuju se problemi na toksičnoj razini. Toksini se u plastici nalaze u velikoj količini. Konzumiranjem hrane i filtriranjem vode počinje proces bioakumulacije. Provedena istraživanja ukazala su na učestalu pojavi mikroplastike u morskim organizmima, a najveća količina u školjkama i račićima s kućicom.



Bioakumulacija se najpreciznije može definirati kao nakupljanje nepoznatih tvari u sustavu živih organizama (IUCN, 2014.). Točnije kao tvari nepoznate organizmu koje ih organizam kao takav ne izlučuje već ga pohranjuje u sebi. Budući da mikroplastika podrazumijeva komadiće plastike iznimno malog promjera lako se mogu nataložiti u organizmu te su popraćeni toksinima.



**Slika 4** Vizualni prikaz bioakumulacije (Gesamp i sur., 2016.)

Drugi pojam kod problema sa plastikom i mikropastikom je biomagnifikacija.

Biomagnifikacija predstavlja povećanje količine štetnih tvari, što bi u ovom slučaju podrazumijevalo povećanje količine mikroplastike kroz hranidbeni lanac. Da bi se utvrdilo povećanje količine štetnih tvari prate se manji organizmi poput planktona te veći organizmi poput većih riba te ptica. Mirkoplastika ulazi u organizme na razne načine, primjerice organizmi mogu doći u dodir s mikroplastikom ingestiranjem mikroplastike u sedimentu na površini vode ili unošenjem u tijelo ispuštene toksine od strane plastike odbačene u vodu (Gesamp i sur., 2016.). Plastika i mikroplastika također predstavlja problem za žive organizme zbog svoje toksičnosti. Naime, u plastici se nalazi veliki broj kemijskih tvari. Provedenim istraživanjima potvrđeno je čak do 250 organskih spojeva u/na plastici, a neki od tih su teški metali, ugljikovodici, pesticidi, antioksidansi, plastifikatori, UV stabilizatori i razni međuprodukti (Gesamp i sur., 2016.). Za sve navedene tvari potvrđeno je negativno djelovanje na žive organizme zbog uzrokovanja raznih bolesti i deformacija u razvojnoj fazi prilikom duže izloženosti. Plastika posjeduje iznimnu sposobnost vezivanja onečišćenih tvari

na sebe/svoju površinu, ali se iste tvari vremenom otpuštaju u vodu ili nakupljaju o organizmu. Štetnost može narasti prilikom korištenja aditiva u procesu proizvodnje plastike. U tablici 1 može se vidjeti popis aditiva korištenih u proizvodnji plastike i njihova štetna djelovanja (Halden, 2010.).

**Tablica 1** Aditivi korišteni u proizvodnji plastike i njihova štetna djelovanja, (Halden, 2010.)

<b>Toksični aditivi</b>	<b>Korištenje</b>	<b>Djelovanje na zdravlje</b>	<b>Vrste plastike</b>
Bisfenol A	Plastifikatori, limenke	Oponaša estrogen, poremećaji jajnika	Polivinil klorid (PVC), Polikarbonat (PC)
Ftalati	Plastifikatori, umjetni parfemi	Poremećaj u radu testosterona, smanjena pokretljivost spermija	Polistiren (PS), Polivinil klorid (PVC)
Polutanti	Pesticidi, usporivači gorenja	Moguća šteta na mozgu i razmnožavanju	Sva plastika
Dioksini	Nastaju tokom izgaranja PVC-a pri niskim temperaturama	Kancerogen, poremećaj u radu testosterona	Sva plastika
Policiklični aromatski ugljikovodici	Koristi se u proizvodnji pesticida	Problemi u razvoju i razmnožavanju	Sva plastika
Poliklorirani bifenili	Izolator u električnim uređajima	Poremećaj u radu štitnjače	Sva plastika
Stiren monomera	Proizvod razgradnje	Kancerogen, može stvoriti adukte u DNK	Polistiren (PS)
Nonifenol	Anti statički i protiv magle	Oponaša estrogen	Polivinil klorid (PVC)

Aditivi se koriste kako bi se plastika omekšala ili stvrdnula u procesima izrade i oblikovanja. Budući da se aditivi mogu lako otkloniti sa plastike ona postaje pogodnija za daljnje raspadanje. Provedena istraživanja o utjecaju aditiva na morski okoliš utvrdili su štetna djelovanja aditiva. Naime, plastični aditivi Bisfenol A i Nonifenol potencijalno mogu nanijeti štetu u morskom okolišu (Rodrigue i sur., 2017.).



## 2.1.6. UTJECAJ MIKROPLASTIKE NA ŽIVOT U SLATKIM VODAMA I POSREDNO U SLANIM VODAMA

Od ukupne količine „*slatke*“ vode najveći dio nalazi se u polarnom ledu stoga broj studija provedenih o onečišćenju kopnenih voda mikrop plastikom iznimno je mali u usporedbi sa brojem studija provedenih na temu onečišćenja mora i morskog okoliša. Primjerice, u kontinentalnim područjima zemlje potoci, rijeke i jezera izravno primaju otjecanja vode iz urbanih, industrijskih i poljoprivrednih područja (Yuan i sur., 2019.). Pri onečišćenju i širenju istoga u površinskim vodama, pozornost treba obratiti na rijeke. Mnogi zaključci provedenih istraživanja o ulasku mikroplastike u morski okoliš dokazuju da rijeke igraju vrlo bitnu ulogu u tom problemu. Naime, količina mikroplastike koja u mora i oceane penetrira tokovima rijeka gotovo je duplo veća od količine koja ulazi direktno u mora preko plovila, platformi i ribarstva. Iako se u europskim rijekama nalaze visoke razine onečišćenja mikrop plastikom, glavni prtok mikropplastike u more kroz rijeke dolazi iz Azije. Prema nedavnim istraživanjima vezanih uz manipulaciju otpadom s naglaskom o gustoći naseljenosti i hidrologiji, procjenjuje se da između 1,15 i 2,14 milijuna tona plastike ulazi u oceane preko riječnih sustava svake godine (Sadri i Thompson, 2014.). Kao što je navedeno, rijeke koje su se pokazale kao najveći zagađivači su pretežito s područja Azije: Yangtze, Xi, Huangpu i Ganges. Azijske rijeke su „zaslužne“ za 86% globalnog unosa mikroplastike u moram i/ili oceane (Sadri and Thompson, 2014.). Za usporedbu, europske rijeke čine samo 0,28% s rasponom od 2300 – 9300 tona godišnje. U rijeci Yangtze koja protječe kroz grad Wuhan koji je najveći u središnjoj Kini ima koncentraciju mikropplastike  $2516,7 \pm 911,7$  čestica po  $m^3$ , dok je koncentracija mikropplastike u rijeci Dunav 0,3168 čestica po  $m^3$  što dodatno ukazuje na znatno onečišćene rijeke s područja Azije u usporedbi s Europom (Yuan i sur., 2019.). U tablici 2 vidljiva je koncentracija mikroplastike u rijekama Europske Unije.

**Tablica 2** Koncentracija mikroplastike u rijekama EU, (Yuan i sur., 2019)

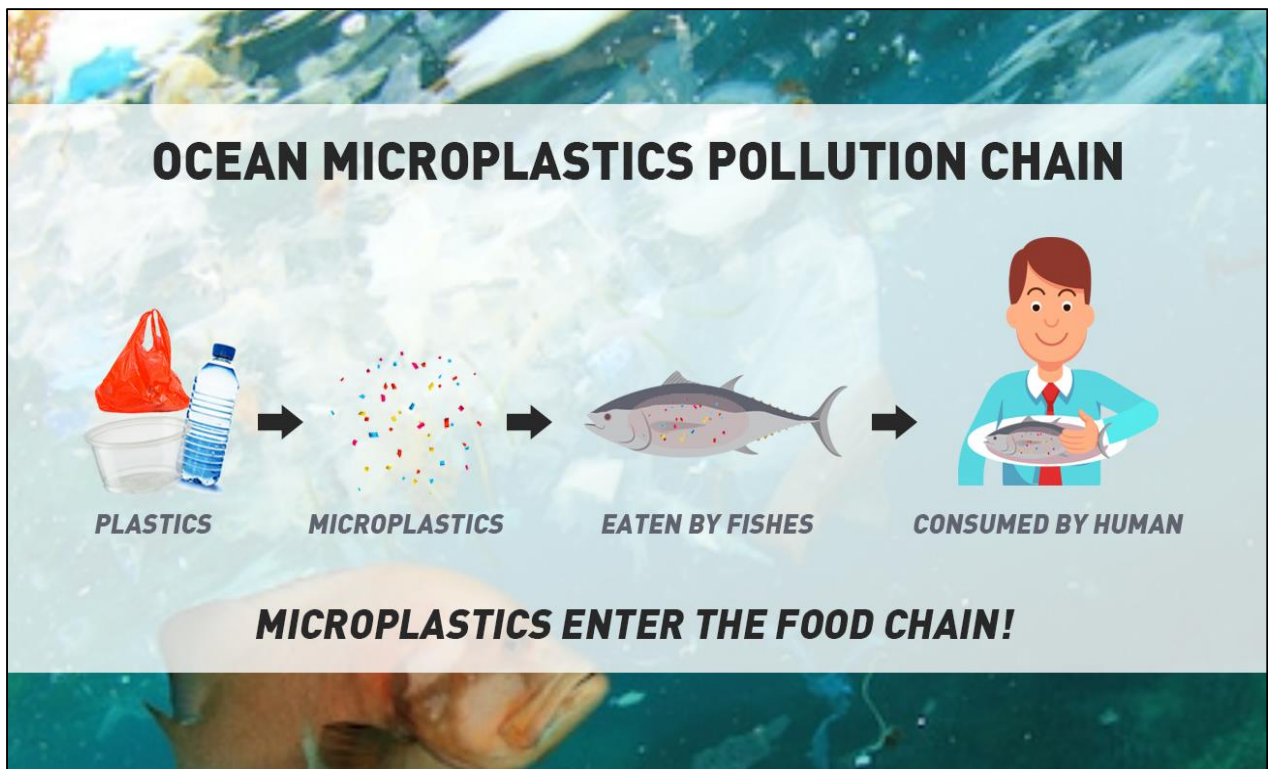
Naziv rijeke	Država	Količina mikropplastike po $m^3$
Dunav	Hrvatska	0.31 p/ $m^3$
Rajna	Njemačka	0.43 p/ $m^3$
Po	Italija	0.3 p/ $m^3$
Temza	Engleska	0.28 p/ $m^3$
Sena	Francuska	0.28–0.47 p/ $m^3$

Brojke iz tablice variraju ovisno u kojem dijelu toka rijeke se koncentracija mjeri. Primjerice, rijeka Rajna ima veću koncentraciju mikroplastike u dijelu bližem ušću. Uz navedene podatke i činjenice treba naglasiti da se kruženjem vode prenose i po život štetne tvari.

### 2.1.7. POJAVA MIRKOPLASTIKE U HRANI IZ MORA

Budući da je rasprostranjenost mikroplastike u morskom ekosustavu iznimno visoka, prehrana koja uključuje konzumaciju morskih organizama je jedan od očitih i direktnih načina unosa mikroplastike u ljudski organizam. Konzumacija morskih organizama u prehrani je učestala kod ljudi, štoviše u nekih dijelovima svijeta predstavlja primarnu i esencijalnu prehranu zbog manjka drugih načina prehrane. Konzumacija morskih organizama u prehrani je učestala i kod životinja koje se tove za prehranu ljudi što je također novo područje interesa istraživača i industrije. Morski organizmi lako dolaze u kontakt s mikroplastikom zbog njenih malih dimenzija (Neimark, 2018.).

Direktan unos mikroplastike u organizam može se vidjeti kod planktona, riba, školjki, trpova, glavonožaca i dr. (Lusher i sur., 2017.). Na slici 5 može se vidjeti prijenos mikroplastike kroz hranidbeni lanac.

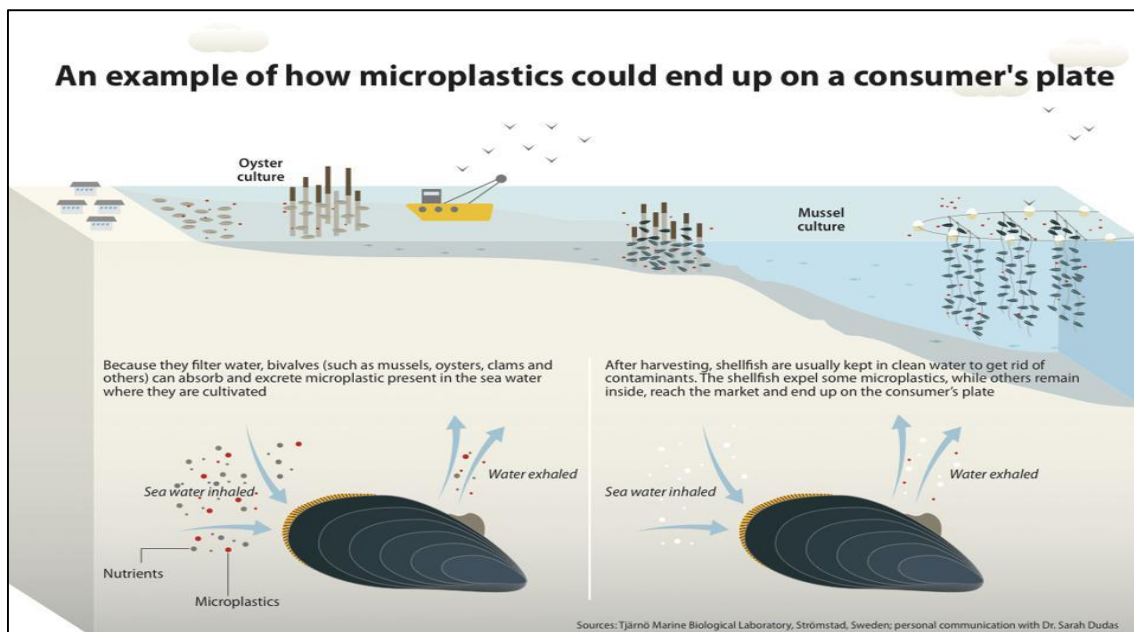


**Slika 5** Vizualni prikaz prijenosa mikroplastike kroz hranidbeni lanac (Neimark, 2018.)

<https://www.java-biocolloid.com/event/the-threads-of-microplastics-in-food-8721>

Mikroplastika se kod morskih organizama većinom zaustavlja i nakuplja u probavnom traktu te tako životinje poput riba i školjki koji se konzumiraju cijele dolazi do direktnog unosa mikroplastike u organizam. Za detaljniji prikaz prijenosa mikroplastike može se koristiti primjer školjki koje se hrane usisavanjem velike količine vode oko sebe te samim time unose i čestice mikroplastike, a to su životinje koje se pri ljudskoj prehrani konzumiraju cijele, direktno iz ljuske što se pomoću ovog primjera može vizualno shvatiti direktan unos mikroplastike u ljudski organizam (Neimark, 2018.).

Vrlo popularne školjke koje se konzumiraju širom svijeta su dagnje. Njihova konzumacija je iznimno popularna na području Azije, točnije u Kini, a budući da Kina glasi kao država koja ispušta najveću količinu mikroplastike u morski okoliš, istraživanja su pokazala da se konzumacijom dagnji na području Kine godišnje može unijeti 100 000 čestica mikroplastike u organizam, dok za usporedbu ta brojka za Europu iznosi oko 10 000 (Van Cauwenberghe and Janssen, 2014.). Na slici 6. vidljivo je kako mikroplastika može doći do tanjura potrošača. Potrebna je redovito edukacija konzumenata jer je evidentno da opasnost prijete iz količine unesene supstance (Anonymus, 2020.).



**Slika 6** Unos mikroplastike na primjeru dagnji

Anonymus (2020) <https://www.forbes.com/sites/ariellasmike/2020/01/21/there-is-plastic-in-your-fish/?sh=7e3d50b77071>

Veće vrste riba se uglavnom ne konzumiraju cijele te se prije konzumacije vrši čišćenje probavnog trakta, ali i unatoč čišćenju može doći do prijenosa mikroplastike u ljudski organizam budući da mikroplastika može preko škraga doći u cirkulacijski sustav. Zbog toga

također dolazi do direktnog unosa mikroplastike u organizam, ali u nešto manjoj količini nego kod riba koje se konzumiraju cijele bez prethodnog značajnog čišćenja.

Čišćenjem utroba i probavnog trakta kod većih riba u značajnoj mjeri eliminira direktni unos mikroplastike u ljudski organizam, ali se pojavljuje i tzv. drugi problem. Naime, odbačeni dijelovi ribe se koriste kao hrana za druge životinje poput peradi i svinja te se mikroplastika nastavlja širiti hranidbenim lancem (Bouwmeester i sur., 2015.).

Osim kod morskih organizama prisustvo mikroplastike može se naći i u morskoj soli. Do zagađenja morske soli dolazi prvobitno zbog velike količine mikroplastike prisutne u oceanima. Morska sol u prosjeku sadrži između 16 – 84 čestica mikroplastike po kilogramu. Budući da je razlika između graničnih brojeva prosjeka velika, vidljivo je da istraživanja na različitim tržištima dolaze do drukčijih brojki. Primjerice na turskom tržištu prosjek iznosi 102 čestice po kilogramu dok na malezijskom tržištu iznosi 10 čestica po kilogramu (Karami i sur., 2017.). Iako su brojke različite iz navedenih istraživanja je vidljivo i dokazano da zagađenje uistinu postoji (Bouwmeester i sur., 2015.), (Karami i sur., 2017.).

Istraživanjima flaširanih voda također je dokazano prisustvo mikroplastike u vodama. Čestice su u prosjeku veličine između 6.5-100 µm. Na slici 7. može se vidjeti prosječna količina mikroplastike u flaširanim vodama u različitim zemljama svijeta (Anonymus, 2017.).



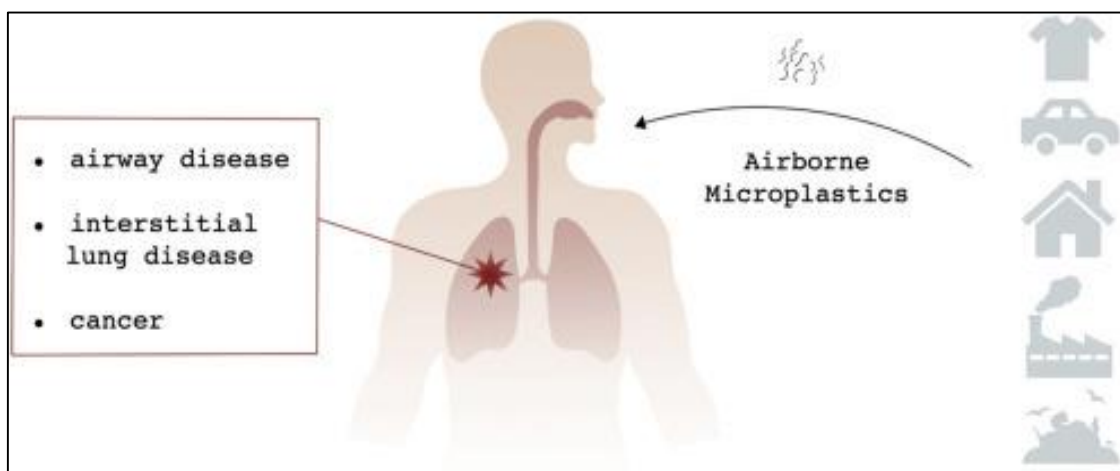
**Slika 7** Koncentracija mikroplastike u plastičnim bocama vode

Anonymus (2017): <https://www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2018/03/16/study-finds-microplastics-in-93-percent-of-bottled-water-infographic/?sh=3565f94973fa>

Iz navedenog primjera sa slike 7 vidi se da su istraživanja pokazala prisustvo mikroplastike u čak 93% flaširanih voda što je iznimno visok i potencijalno opasan postotak uzevši u obzir količinu konzumacije tog proizvoda. Uz spomenuto, treba i naglasiti da ljudi mogu biti izloženi opasnim spojevima iz plastika kao što su bisfenili- PCB, preko kontaminirane vode i hrane (riba, meso i mliječni proizvodi). Dokazano je da PCB-i mogu poremetiti endokrinu homeostazu organizma i izazvati reprodukciju toksičnost te da djeluju imunotoksično, neurotoksično, genotoksično (Kmetič i sur., 2012).

### 2.1.8. MOGUĆI UTJECAJI MIKROPLASTIKE NA ČOVJEKA

Budući da je dokazana prisutnost mikroplastike u hrani i zraku u velikoj količini ta spoznaja dovodi do potrebe za istraživanjima štetnog utjecaja mikroplastike na ljudski organizam i zdravlje. Dosadašnja istraživanja vezana uz spomenutu temu su još u ranoj fazi te nema konkretnih i konačnih odgovora niti zaključaka, ali pretpostavlja se da najveća potencijalna opasnost proizlazi iz velike izloženosti i zbog akumulacije signifikantnih količina mikroplastike u organizmu. Kemijski sastav plastike dovodi do zabrinutosti o kemijskoj toksičnosti i kako djeluje na živi organizam nakon dugotrajne izloženosti. Ljudi mikroplastiku u organizam unose na više načina, a najčešći su putem prehrane i disanjem. Uzevši u obzir veličinu mikroplastičnih čestica može doći do njihovog udisanja bez da to osoba primijeti. Trenutnim vrlo bitnim istraživanjima prate se količine mikroplastike koja u organizam dopijaju preko dišnih puteva osoba te koje količine inhalirane mikroplastike mogu izazvati respiratorne probleme te ostale teže bolesti (Powell i sur., 2010.).



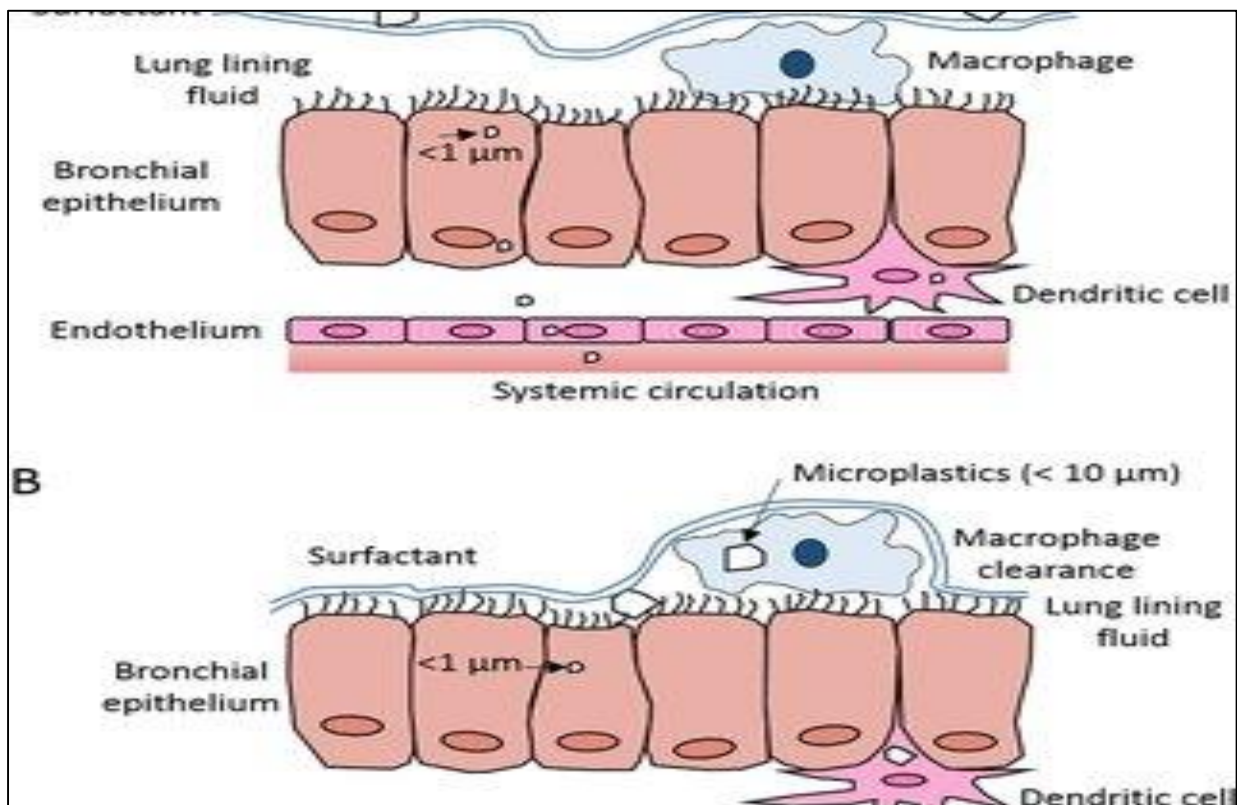
**Slika 8** Potencijalne opasnosti za organizam zbog udisanja čestica mikroplastike (Prata, 2018); <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117307686>



Pri unosu mikroplastike putem hrane, Peyerove ploče se smatraju primarnim mjestom ulaska i prijenosa čestica (Powell i sur., 2010.). Osim navedenoga postoji i drugi način ulaska čestica mikroplastike u gastrointestinalnom traktu, a to je kroz pukotine epitela koji se nalaze na vrhovima mikrovila te nakon toga ulaze u cirkulaciju (Gardner i sur., 1995.).

### 2.1.8.1. MOGUĆI FIZIKALNI UČINCI MIKROPLASTIKE NA LJUDSKI ORGANIZAM

Provodi se niz istraživanja kojima se pokušava utvrditi fizikalna štetnost mikroplastičnih čestica u ljudskom organizmu i što može biti uzrokovano česticama mikroplastike. Ljudski organizam konstantno je izložen mikročesticama iz okoline, te je kao posljedicu postepeno razvijao obrambene mehanizme kako bi se zaštitio. Za razliku od ostalih čestica na koje je organizam adaptiran, mikroplastika ima drugačiji sastav i kemijsku kompoziciju od čestica nađenih u prirodi. Studije govore da su pluća prva na udaru čestica mikroplastike koje štetno utječu i mogu izazvati patološka stanja (Geiser i sur., 2003.). Slika 9. prikazuje kako izgleda tkivo nakon nakupljanje mikroplastike u bronhijama.



**Slika 9** Nakupljanje mikroplastike u bronhijama (Geiser i sur., 2003.)

Istraživanja su pokazala da se čestice mikroplastike mogu zadržati u prazninama zglobova kao posljedica cirkulacije organizmom te u sekundarnim tkivima i organima koje može uzrokovati upale (Hicks i sur., 1996.), (Geiser i sur., 2003.).

### **2.1.8.2. MOGUĆI KEMIJSKI UČINCI MIKROPLASTIKE NA LJUDSKI ORGANIZAM**

Na površini čestica mikroplastike može doći do povećanja adsorpcije hidrofobnih organskih spojeva. Primjer takvog spoja je poliklorirani bifenil koji je iznimno toksičan i može pridonijeti raznim endokrinim poremećajima i imunotoksičnim nuspojava. *Poliklorirani bifenili* (PCB) predstavljaju grupu sintetskih organskih kemikalija, a sastoje se od ugljika, vodika i klora. Poliklorirani bifenili (PCB-i) pripadaju velikoj skupini sintetskih organokloriranih spojeva koji se međusobno razlikuju u fizikalno–kemijskim i toksikološkim svojstvima te imaju tendenciju bioakumulacije i biomagnifikacije u okolišu i unutar hranidbenih lanaca (Kmetič i sur., 2012.).

Najveća potencijalna opasnost veže se uz reaktivne kisikove veze. Kako bi proizvodnja plastika bila moguća svaki proizvod na kraju proizvodnje u sebi sadrži reaktivne kisikove veze. Broj tih veza se može povećati vanjskim čimbenicima poput sunčeve svjetlosti i reakcijama s drugim metalima. Zbog svoje iznimne reaktivnosti predstavljaju opasnost za ljudski organizam i mogu dovesti do niza unutrašnjih oštećenja posebno vidljivih na membranama.

### **2.1.8.3. MIKROPLASTIKA PRONAĐENA U POSTELJICAMA RODILJA**

U alarmantnom nedavnom istraživanju, Ragusa i sur., 2021. navode da je otkrivena mikroplastika i unutar posteljice. Neupitno je da će biti potrebna mnogobrojna istraživanja kako bi se utvrdilo šteti li mikroplastika izravno fetusu u razvoju. Najnovije otkriće da čestice mikroplastike mogu prodrijeti kroz posteljicu izazvalo je niz reakcija, ali i straha jer se ne zna kako sve može takva pojava utjecati na ljusko zdravlje i kognitivni razvoj djeteta.

Utvrđeno je brojnim istraživanjima da prisustvo mikroplastike u odraslom ljudskom tijelu nije ništa novo, no s obzirom da posteljica pomaže u kontroli prijenosa hranidbenih materijala između fetusa i majke smatralo se kako nema prijenosa opasnih čestica.

Za istraživanje koje je nedavno objavljeno u časopisu *Environmental International*, istraživači su prikupili male dijelove posteljice od šest žena. Nakon otapanja i filtriranja spomenutih uzoraka, autorima studije ostalo je 12 mikroplastičnih čestica koje potječu iz četiri od šest posteljica (Ragusa i sur., 2021.). Neupućenoj populaciji se taj podatak može činiti malim

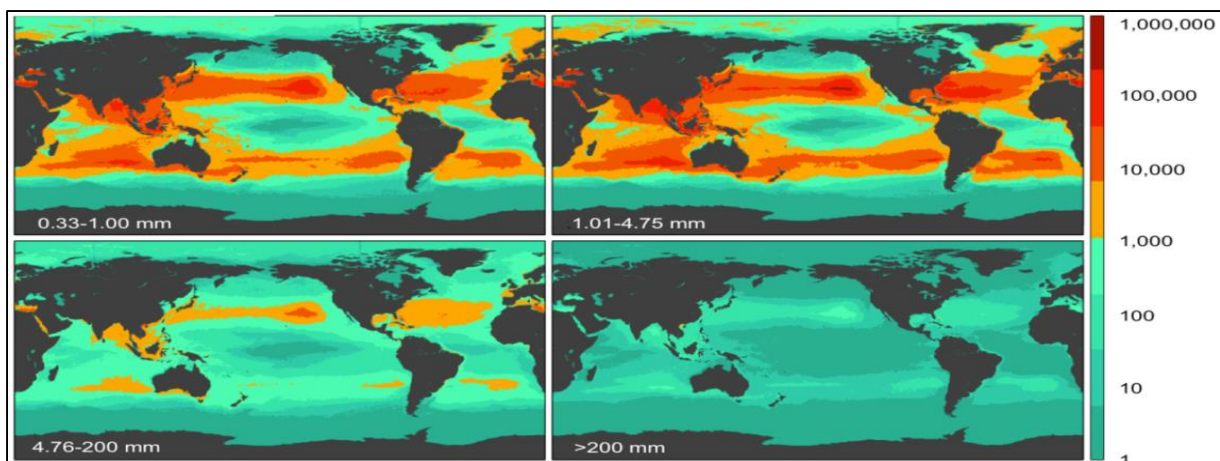
brojem, ali neophodno je napomenuti da su istraživači analizirali samo oko četiri posto svake posteljice. S obzirom na to da je riječ o izuzetno malim česticama (od pet do deset mikrometara), lako se mogu transportirati u krvi nerođenog djeteta, međutim postoji nejasnoća među autorima studije i nisu utvrdili mehanizam transporta čestica u krvotok majke i nerođenog djeteta.

Istraživanja su pokazala da takve čestice mogu poremetiti imunosnu signalizaciju i korištenje energetske zaliha unutar tijela, zbog čega autori smatraju da bi prisutnost mikroplastike mogla izazvati komplikacije, no potrebna su daljnja istraživanja kojima bi se sumnje provjerile (Ragusa i sur., 2021.).

### 2.1.9. RASPODJELA MIKROPLASTIKE PO GEOGRAFSKIM REGIJAMA

Provedenim istraživanjima procjenjuje se kako količina mikroplastike u oceanima varira između 95 000 do 235 000 tona (Bule i sur., 2020). U odnosu na oceane procijenjena količina mikroplastike u Sredozemnom moru iznosi između 5000 i 35 000 tona. Uzevši u obzir te podatke može se reći da se u Sredozemnom moru nalazi između 5 i 10% ukupne mase mikroplastike u morima i oceanima (Bule i sur., 2020.).

Podaci su očekivani budući da je Sredozemno more praktički zatvoreno s obzirom da su mu Gibraltarska vrata jedina veza s Atlantskim oceanom. Površina Sredozemnog mora iznosi 2,6 milijuna km<sup>2</sup> što je iznimno visoka brojka za samo jednu vezu s oceanom. Zbog manjka priljeva oceanima, mikroplastika se nakuplja i taloži. Iako je količina mikroplastike u Sredozemnom moru drastično manja naspram oceana u obzir treba uzeti i značajnu razliku u njihovoj površini (Eriksen i sur., 2014.).



**Slika 10** Gustoća mikroplastike ovisno o njenoj veličini (Eriksen i sur., 2014.)

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

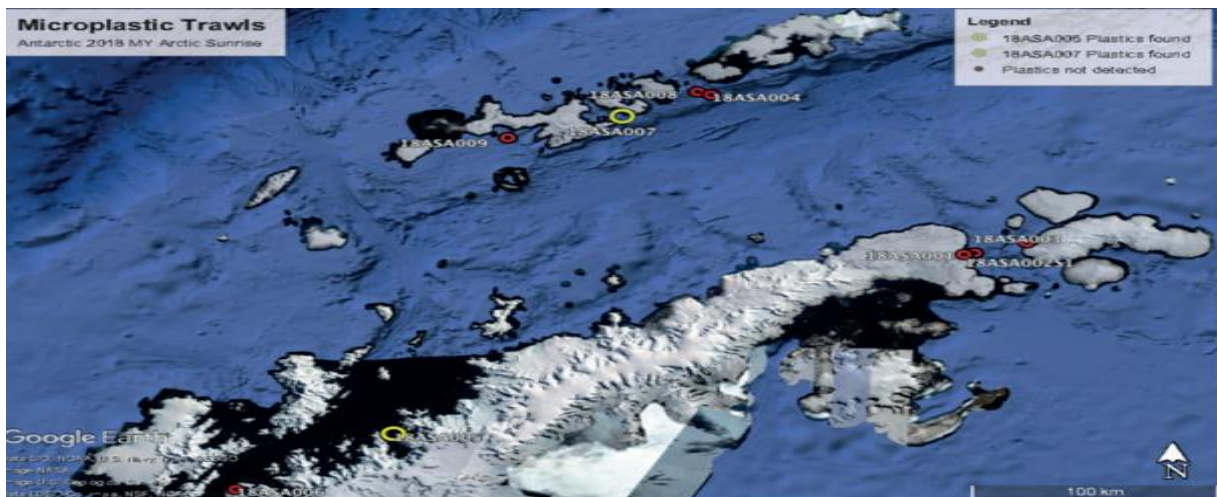


Kao što je vidljivo iz gore navedenog grafičkog prikaza, odnosno slike 10, količina mikroplastike u oceanima iznimno je velika te gusto raspoređena. Prevladavaju iznimno male čestice, veličine manje od 1 mm., a najveća količina čestica mikroplastike nalazi se u Indijskom oceanu te Tihom oceanu u dijelovima gdje se ulijevaju rijeke sa područja Kine (Bule i sur., 2020.).

Morskim strujanjima u oceanima dolazi do rasprostranjivanja mikroplastike. Budući da su na otvorenim morima strujanja puno jača nego u morima poput Sredozemnog količina mikroplastike se širi puno većom brzinom i površinom. Zbog tih činjenica neki dijelovi svijeta koji nisu imali prijašnjeg doticaja s mikroplastikom mogu postati kontaminirani (Eriksen i sur., 2014.).

Antarktika je dio svijeta u kojem se dugo vremena zanemarivalo provjeravanje prisutnosti mikroplastike misleći da je nema na tom dijelu svijeta. Greenpeace je 2018. godine proveo istraživanje vezano za prisutnost mikroplastike na području Antarktika i istraživanje je pokazalo da dijelovi koji su i dalje praktički netaknuti od strane čovjeka sadržavali čestice mikroplastike. Ova strašna spoznaja šokirala je i osvijestila javnost vezano za globalno onečišćenje uzrokovano mikroplastikom (Eriksen i sur., 2014.).

Na slici 11 jasno se iz zraka vide mjesta sa prisutnošću gusto rasprostranjene plastike i mikroplastike.



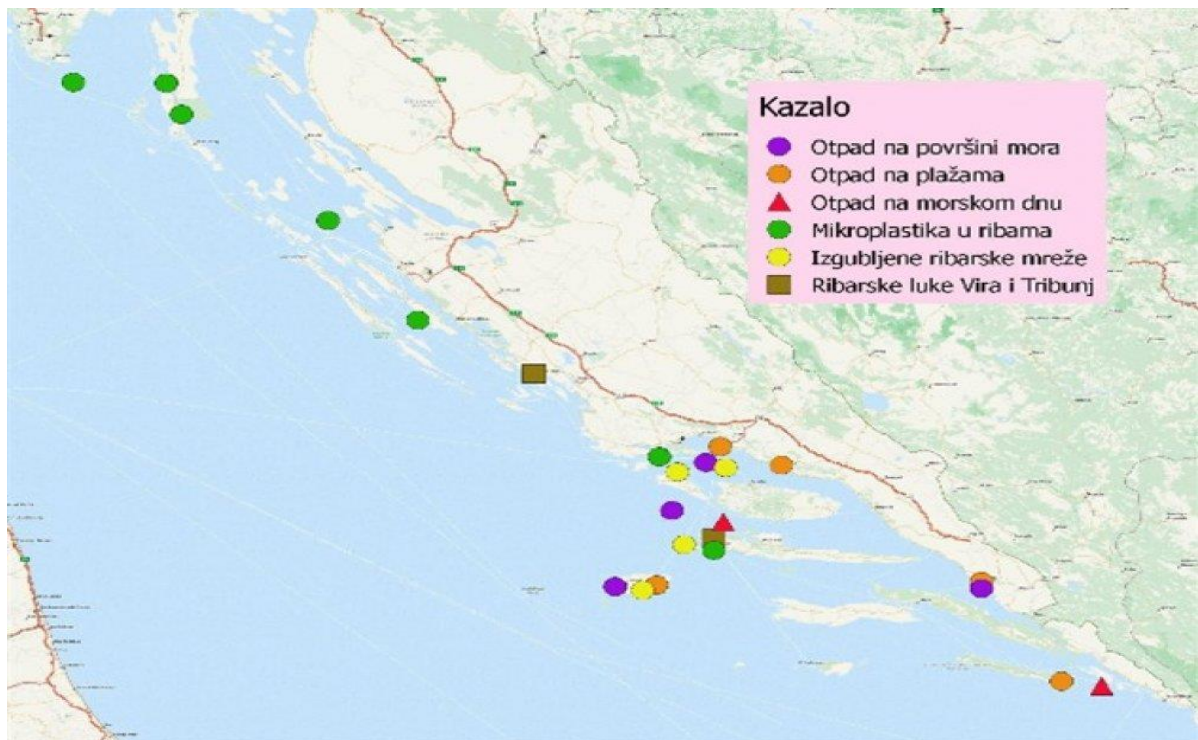
**Slika 11.** Mjesta gdje je pronađena mikroplastika na Antarktici

Anonymus 1 (2021):<https://www.weforum.org/agenda/2018/06/plastic-waste-in-antarctica-reveals-scale-of-global-pollution-greenpeace?fbclid=IwAR2Ekr2yoreqyq2UqA73vIDnRJeZ7mKnfwOLGIPCIDqWbibN1MYZmEx3ZLA>

## 2.2. MIKROPLASTIKA U JADRANU

Budući da Sredozemno more zauzima takozvani oblik poluzatvorenog bazena s obzirom na jednu povezanost s Atlantskim oceanom, Jadransko more bi bilo bazen unutar bazena budući da dijeli povezanost isključivo sa Sredozemnim morem. Morskim strujama te direktnim odbacivanjem plastike mikroplastika se također pojavila i u Jadranskom moru.

Kada bi se gledala količina onečišćenosti mora u Europi, Jadransko more bi bilo na trećem mjestu nakon Sredozemnog i Keltskog mora (Tutumán i sur., 2017.). Razlog iznimno velikog onečišćenja Jadranskog mora dolazi većinom zbog naglog povećanja broja ljudi na području Republike Hrvatske tokom ljeta, a samim time i povećanog broskog prometa. U južnim dijelovima Jadrana većina plastičnog otpada, oko 90%, dopijeva strujama i vjetrovima od strane susjednih zemalja, a posebice Albanije. Slika 12. prikazuje dijelove Jadrana koji su onečišćeni plastičnim otpadom i daje podatke o mjestima zagađenja.



**Slika 12** Onečišćenje Jadranskog mora (Anonymus, 2021.)

Istraživanje iz 2016. godine vezano za stupanj onečišćenja mora mikroplastikom na području sjevernog Jadrana, u Tršćanskom zaljevu pokazalo je zastrašujuće podatke. Naime, u moru su pronađene iznimno visoke koncentracije mikroplastike, u prosjeku 400 000 čestica na km<sup>2</sup>. Takva brojka je do sada najviša zabilježena na području Mediterana (Gajšt, 2016.).

Na području Jadrana također je provedeno istraživanje o pojavi mikroplastike u morskim organizmima. Uzete su tri lokalno najrasprostranjenije i komercijalno važne vrste riba kao skupina koja se pratila. Praćene su tri vrste riba;

- trlja kamenjarka,
- sardina i
- arbun.

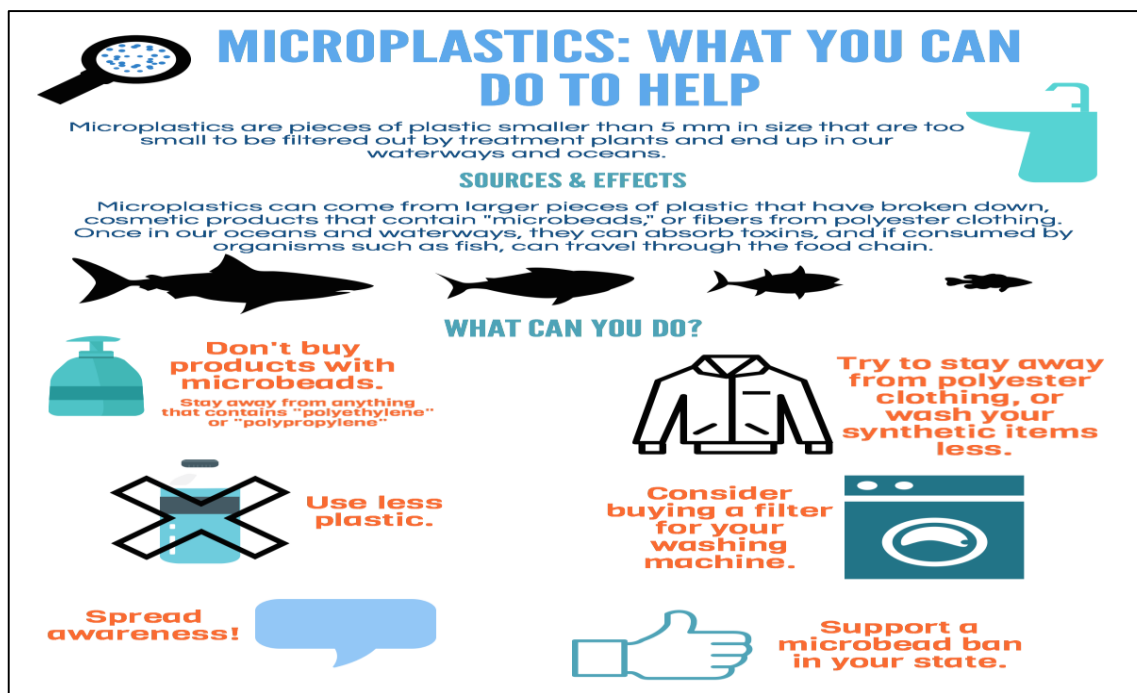
Od svake vrste uzeto je 30 primjeraka za proučavanje i analizu. U 30 primjeraka trlje nađeno je 21 primjerak koji su sadržavali mikroplastiku, dok je taj broj kod Arbuna bio 15, a kod Srdela 11 (Gajšt, 2016.). Općenito Trlja kamenjarka, *Mullus surmuletus*, nastanjuje obale istočnog Atlantika od obala zapadne Norveške, Engleskog kanala do Dakara uz Senegalske obale i Kanarskog otočja. Može je se naći i u Sjevernom moru ali je tamo ipak rijetka, ali nastanjuje i Sredozemno te Crno more, ali je Trlja značajno rasprostranjena diljem Jadrana (Smith-Vaniz i sur., 1999.). Kamenjarka kao i sve ostale trlje život provodi uz dno gdje pronalazi hranu. Dno je pjeskovito i kamenito, a Trlja kamenjarka pomoću pipaka kopajući pronalazi crviće, račiće i manje ribe zakopane dublje u pijesku te sa dna prikupi i mikroplastične čestice koje se akumuliraju u utrobi ove ribe (Luna, 2021.).

Sve je izvjesnije da nije samo utroba kontaminirana mikroplastičnim česticama nego i ostali dijelovi organizma jedinke te je ulazak u hranidbeni lanac neizbježan. Mnoga istraživanja su pokrenuta i traži se odgovori na pitanja kako smanjiti udio ovih čestica u hranidbenom lancu što predstavlja veliki izazov za znanstvenike ali i za proizvođače ribljih prerađevina, a najveći benefit od odgovora trebaju imati sami potrošači.

## 2.3. OSVIJEŠTENOST O MIKROPLASTICI U OCEANIMA I MORIMA

Obzirom da je tema mikroplastike danas veoma aktualna i na temelju iste se provode razna vrlo iscrpna i multidisciplinarna istraživanja tako je i sama osviještenost o ovoj problematici porasla te se zaista i svijest svjetske populacije aktivirala. Razne udruge i institucije vezane uz zaštitu okoliša uložile su svoje vrijeme i resurse u poticanje javnosti na smanjenje uporabe plastike gdje ista nije neophodna te na promicanje recikliranja i korištenja organskih razgradivih materijala. Manjom količinom plastike koja bi se u budućnosti proizvodila nastalo bi manje plastičnog otpada te samim tim moguće je smanjiti udio mikroplastičnih čestica u okolišu i u hrani.

Štetni utjecaji mikroplastike na žive organizme u morima i oceanima doveli su do kontaminacije njihovog prirodnog prebivališta i iz tog razloga su pokrenute razne akcije čišćenja otpada s morskog dna i obala kao primjerice kod otoka Raba i u Tršćanskom zaljevu (Gajšt, 2016.).



**Slika 13** Plakat kojim se promovira i educira kako osvijestiti problem mikroplastike,

Anonymus (2021.): <https://www.pinterest.de/pin/492862752948909040/>

Nedavno istraživanje provedeno od strane Instituta za znanost i tehnologiju okoliša (ICTA – UAB) pokazalo je da 80% nakupina otpada na Mediteranu dolazi tokom ljetnih mjeseci, tj. kada je aktivna i otvorena turistička sezona. Temeljem ovog istraživanja koje je provedeno u okviru europskog projekta „Blue Islands“ došlo se do zaključka kako se uz trend zagađivanja

okoliša tokom turističke sezone mora ulagati u razvijanje održivijeg modela turizma. Osim negativnih rezultata dobivenih iz provedenog istraživanja također ima i pozitivnih zaključaka. Naime, plaže i mjesta na kojima je provedeno istraživanje pokazala su znatan pomak u odlaganju plastike i recikliranja. Zagađenost plaža i okolnog mora znatno je pala te se ta brojka poboljšava u smislu pada i dalje. Obzirom da je taj podatak zaintrigirao istraživače došli su do sljedećeg zaključka, a to je da se poruke podizanja svijesti o ekološkim problemima bolje prihvaćaju kada dolaze od strane ljudi na „terenu“ (Gajšt, 2016.).

Prema istraživaču Michaël Grelaud ključ uspjeha podizanja svijesti je interakcija s ljudima od strane eksperata (Grelaud i sur., 2020.). Svoju izjavu potkrijepio je dodatnim informacijama o ključnoj podijeli njegovog modela podizanja svijesti kroz interakciju s ljudima.

Prema Grelaud (2020.) model je podijeljen u 5 cjelina, a to su empatija, adaptacija govora prema javnosti, specijaliziranje istraživačkog tima, razlikovanje davanja povratnih informacija i podizanja svijesti te osmijeh i pozitivan stav.

Empatija se koristi kako bi se ljudi mogli povezati sa problemom o kojem se govori i uvidjeti njegovo štetno djelovanje na njihovu okolinu. Specijaliziranje istraživačkog tima je ključno kako bi provedena istraživanja mogla dati što preciznije, točnije i vjerodostojne rezultate. Razlika između davanja povratnih informacija i podizanja svijesti je velika. Naime, kako i sam izraz govori, davanje povratnih informacija podrazumijeva informiranje javnosti o rezultatima provedenog istraživanja. Sa druge strane, podizanje svijesti podrazumijeva poticanje ljudi da se uključe u rješavanje tog problema kao cjelina kako bi pomogli sebi i drugima te sačuvali okoliš. Za borbu protiv svakog problema u okolišu treba prvenstveno zadržati pozitivan stav kako bi prijašnji koraci mogli ići svojim tokom te da bi se na kraju potencijalno zaustavili problemi zagađenja okoliša koji neprestano prijete u cijelom svijetu (Grelaud i sur., 2020.).

### 3. RASPRAVA

Kontinuirano svjedočimo porastu količine proizvedene plastike u cijelom svijetu što pokazuje visok i brz trend rasta potrebe za plastikom. Primjerice, 1950. godine količina proizvedene plastike iznosila 1,5 milijuna tona, dok je u 2019. godini količina proizvedene plastike iznosila 368 milijuna tona (Garside i sur., 2020.). S obzirom na izuzetno veliku količinu plastike koja cirkulira u današnjem svijetu posljedično se povećala količina plastičnog otpada. Spomenuti se plastični otpad sa vremenom raspada na manje dijelove plastike i kada tim dijelovima plastike promjer dosegne manje od 5 mm smatra se mikroplastikom.

Mikroplastika u mora i oceane može ući direktnim i indirektnim putem i primarna mikroplastika je plastika koja u mora i oceane dospijeva već u obliku mikroplastike iz tvornica i odvodnih voda, dok sekundarna nastaje raspadanjem većih dijelova plastike na manje u samim vodama.

Čestice primarne mikroplastike dolaze od raznih proizvoda poput sredstava za čišćenje ili proizvoda u kozmetici te od abrazivnih sredstva i sredstva protiv nagrizanja guma automobila te u tonerima.

Procjenjuje se da primarna mikroplastika zauzima između 15 i 31% sveukupne mikroplastike u oceanima. Kod sekundarne mikroplastike dolazi do utjecaja prirode na veće dijelove plastike. Znanstveni se slažu da u prirodi plastični otpad je izložen vanjskim utjecajima poput sunčevog zračenja, kemikalijama, vjetru i sličnima koji potom uzrokuju usitnjavanje, degradaciju, površinske modifikacije, promjenu gustoće i veličine čestica (Andrady, 2011.).

Istraživanja su potvrdila da mikroplastika sama po sebi nije u velikoj mjeri toksična i štetna za organizam, ali se do trovanja može doći radi dugotrajne izloženosti mikroplastici zbog njenog sadržaja u kojemu se mogu naći aditivi poput plastifikatora, pigmenta, antioksidansa, stabilizatora i antioksidansa (Sun i sur., 2019.). Kao kod većih oblika plastike tako se i kod mikroplastike fizikalna i kemijska svojstva materijala mogu promijeniti zbog utjecaja prirode. Znanstvenici tvrde da do promjene fizikalnih i kemijskih svojstava dolazi zbog izloženosti mikroplastike zračenju i oksidaciji što dovodi do degradacije polimera odnosno mijenjaju se svojstva poput boje, morfološke površine, kristalne strukture, veličine čestice te gustoće (Crawford i Quinn, 2017.).

Istraživanja su dokazala da plastika ima negativan učinak na živi svijet u morima i oceanima jer se može naći u raznim oblicima te tako biva nepredvidiva za morski svijet. Način na koji mikroplastika najčešće šteti morskim organizmima je da morski organizmi zamjenjuju mikroplastiku sa hranom. Veći komadi plastike (makroplastika) poput ribarskih mreža i

plastičnih vrećica ozbiljno ugrožavaju morske sisavce poput dupina i tuljana te morskih ptica. Negativne posljedice koje proizlaze iz navedenog su zaplitanje životinja u odbačenim mrežama i gušenje vrećicama misleći da su hrana. Na godišnjoj razini više od 100 000 morskih sisavaca i 1 000 000 morskih ptica ugiba od posljedica uzrokovanih odbačenom plastikom. U utrobama uginulih ptica otkrivene su medicinske šprice, upaljači i četkice za zube koje ptice gutaju jer životinje pretpostavljaju da se radi o hrani (Peternel, 2012.). Manji dijelovi plastike poput mikroplastike u organizmu mogu izazvati proces bioakumulacije, odnosno nakupljanje nepoznatih tvari u sustavu živih organizama koje organizam ne izlučuje već ga pohranjuje u sebi (IUCN, 2014.). S obzirom da mikroplastika podrazumijeva komadiće plastike iznimno malog promjera lako se mogu nataložiti u organizmu i mogu biti izvor toksina. Zbog svoje toksičnosti mikroplastika predstavlja problem za žive organizme, a provedenim istraživanjima potvrđeno je čak do 250 organskih spojeva u i na plastici, a neki od tih su teški metali, ugljikovodici, pesticidi, antioksidansi, plastifikatori, UV stabilizatori i razni međuprodukti (Gesamp, 2016.).

Za razliku od velikog broja studija koje proučavaju onečišćenje mikroplastikom mora i oceane, studija o mikroplastici u kopnenim vodama je znatno manje. Kod kopnenih voda mikroplastika ulazi direktno otjecanjem vode iz urbanih, industrijskih i poljoprivrednih područja (Yuan i sur., 2019.). Kod površinskih voda posebice treba obratiti pozornost na široke i duboke rijeke. Razlog spomenutog je njihovo promjenjivo strujanje i naglo ulijevanje u mora i oceane. Naime, jakim i promjenjivim strujanjima rijeka, mikroplastika se brzo prenosi do okolnih područja rijeke te na kraju ulazi u mora i oceane iz kojih se ne može ukloniti. Prema nedavnim istraživanjima vezanim uz manipulaciju otpadom s naglaskom na gustoću naseljenosti i hidrologiju, procjenjuje se da između 1,15 i 2,14 milijuna tona plastike ulazi u oceane preko riječnih sustava svake godine (Sadri i Thompson, 2014.), a glavni zagađivač su rijeke s područja Azije.

Obzirom da je konzumacija morskih organizama učestala pojava u prehrani ljudi tim se putem može vršiti prijenos mikroplastike hranidbenim lancem budući da morski organizmi lako dolaze u kontakt s mikroplastikom zbog njenih malih dimenzija, a direktan unos mikroplastike u organizam može se vidjeti kod planktona, riba i školjki (Lusher i sur., 2017.). Mikroplastika se kod morskih organizama većinom zaustavlja i nakuplja u probavnom traktu te tako preko životinja poput riba i školjki koje se konzumiraju cijele, dolazi do direktnog unosa mikroplastike u organizam konzumenta. Uz morske organizme u hranidbenom lancu se također može naići na mikroplastiku tokom konzumacije morske soli i flaširane vode.



Živi organizmi u koje spadaju ljudi, mikroplastiku u organizam unose na više načina, a najčešći unosi su putem prehrane i disanjem. Kada se mikroplastika unosi putem hrane Peyerove ploče se smatraju primarnim mjestom ulaska i prijenosa čestica (Powell i sur., 2010.). Osim spomenutog postoji i drugi način ulaska čestica mikroplastike u gastrointestinalnom traktu, a to je kroz pukotine epitela koji se nalaze na vrhovima mikrovila te nakon toga ulaze u cirkulaciju (Gardner i sur., 1995.). Istraživanja su dokazala da se čestice mikroplastike mogu zadržati u prazninama zglobova kao posljedica cirkulacije organizmom te u sekundarnim tkivima i organima što može uzrokovati upale (Hicks i sur., 1996.). Utjecaj štetnog kemijskog učinka je golema te glavna opasnost su reaktivne kisikove veze koje zbog svoje iznimne reaktivnosti predstavljaju opasnost za ljudski organizam i mogu dovesti do niza unutrašnjih oštećenja posebno vidljivih na membranama.

Provedenim istraživanjima procjenjuje se kako količina mikroplastike u oceanima varira između 95 000 do 235 000 tona dok primjerice u Sredozemnom moru ta brojka iznosi između 5000 i 35 000 tona. Problem kod Sredozemnog mora je što ima samo jednu povezanost s oceanom, a njegova površina iznosi 2.6 milijuna km<sup>2</sup> što je velika brojka s obzirom na jednu povezanost oceanom. Navedeno je razlog što se velika količina mikroplastike nakuplja u Sredozemnom moru. Istraživači govore da u oceanima prevladavaju iznimno male čestice veličine manje od 1 mm. Snimke iz zraka potvrđuju da se najveća količina čestica mikroplastike nalazi u Indijskom oceanu te Tihom oceanu u dijelovima gdje se ulijevaju rijeke sa područja Kine. Budući da na otvorenim morima prisustvo je jačih strujanja vode, čestice mikroplastike se šire većom brzinom i mogu se naći na mjestima koja nisu prije bila kontaminirana od strane ljudi. Takav primjer je pronalazak mikroplastike na Antarktici tokom provedenog istraživanja od strane Greenpeace-a 2018. godine.

U Jadranskom moru je kontaminacija mikroplastikom iznimno visoka te u morima Europe zauzima treće mjesto nakon Sredozemnog i Keltskog mora (Tutuman i sur., 2017.). Razlog visoke kontaminacije Jadranskog mora je veliko povećanje stanovništva tokom turističke sezone i povećanog broskog prometa. Tokom provedenog istraživanja o stupnju onečišćenja mora mikroplastikom iz 2016. godine na području sjevernog Jadrana došlo se do brojke od 400 000 čestica na km<sup>2</sup>, što je do sada najviša zabilježena koncentracija na području Mediterana (Gajšt, 2016.).

Ekološka osviještenost o mikroplastici raste sukladno povećanju spomenutog problema. Provodi se veći broj istraživanja kako bi se pratio napredak u smanjenju količine mikroplastike koji je potrebno postići. Utvrđeno je da se promicanjem ekološke osviještenosti



od strane stručnjaka koji se bave spominjanom problematikom na dnevnoj bazi ima pozitivan učinak na ljudsku osviještenost i na motivaciju k rješavanju ovog gorućeg problema.

## 4. ZAKLJUČCI

1. Iako je plastika ključan sastojak mnogih proizvoda, njena proizvodnja i korištenje gdje nije nužno treba biti smanjeno ili eliminirano.
2. Svaki proizvod kojeg na svijetu ima viška kad-tad će postati otpad. Proizvodi koji bi trebali biti direktno eliminirani su jednokratne plastične vrećice i plastična ambalaža.
3. Poticanjem ljudi na recikliranje veliki dio gospodarenja plastičnim otpadom bi mogao biti kontroliran i samim time izbjegnuto nakupljanje plastičnog otpada i stvaranja mikroplastike.
4. Budući da je kroz rezultate istraživanja dokazano da mikroplastika ima štetan utjecaj na ljudski organizam trebaju se usvojiti odgovarajući pravni akti vezani uz mikroplastiku koja se nalazi u hrani i kao takva ulazi u ljudski organizam.
5. Borba protiv mikroplastike u morima i oceanima ne kreće u njima, nego na kopnu.
6. Čim se mikroplastika pojavi u morima i oceanima njeno širenje i kontaminacija je brz proces koji je teško obustaviti.
7. Budući da se ljudi osvješćuju o problemima koje donosi mikroplastika u morima i oceanima postoji mogućnost da se produkcija plastike staviti pod kontrolu.

## 5. LITERATURA

1. Ali Shah, A., Hasan, F., Hameed, A., Ahmed, S. (2008): Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*, 26 (3), 246-265.
2. Andrady, A. L. (2011): Microplastics in the marine environment, *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 596–605.
3. Anonymus (2021): <https://www.pinterest.de/pin/492862752948909040/>; pristupljeno; 3.7.2021.
4. Anonymus 1( 2021): <https://www.weforum.org/agenda/2018/06/plastic-waste-in-antarctica-reveals-scale-of-global-pollution-greenpeace?fbclid=IwAR2Ekr2yoreqyq2UqA73vIDnRJeZ7mKnfwOLGIPCIDqWbibN1MYZmEx3ZLA>; pristupljeno 11.5.2021.
5. Anonymus (2017): <https://www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2018/03/16/study-finds-microplastics-in-93-percent-of-bottled-water-infographic/?sh=3565f94973fa>, pristupljeno 5.7.2021.
6. Anonymus (2020) : <https://www.forbes.com/sites/ariellasimke/2020/01/21/there-is-plastic-in-your-fish/?sh=7e3d50b77071>, pristupljeno 5.7.2021.
7. Anonymus 2 (2021) : <https://www.plasticsoupfoundation.org/en/2016/08/british-parliament-ban-microbeads-personal-care-products-quickly/> pristupljeno 22.02.2021.
8. Anonymus (2015): <https://zg-magazin.com.hr/od-1950-proizvodnja-plastike-u-svijetu-porasla-207-puta/>; pristupljeno 5.7.2021.
9. Awosolu, O. (2019): Public and Environmental Health Effects of Plastic Wastes Disposal: A Review, *Journal of Toxicology and Risk Assessment*. 5, 8.
10. Barletta, M., Lima, A.R.A., Costa, M.F. (2019): Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries, *Science of the Total Environment*, 651, 1199–1218.
11. Bule, K. i sur.(2020): Mikroplastika u morskom okolišu Jadrana, *Kem. Ind.* 69 (5-6), 303–310.
12. Bouwmeester, H., Hollman, P.C.H., Peters, R.J.B. (2015): Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environmental Science and Technology*, 49 (15), 8923-9386.
13. Crawford, B., Quinn, B. (2017): *Microplastic Pollutants, The interactions of microplastics and chemical pollutants*, Amsterdam. 131–157.

14. Eriksen M, Lebreton L.C.M, Carson H.S, Thiel M, Moore C.J, et al. (2014.): Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. PLoS ONE 9(12): e111913.  
doi:10.1371/journal.pone.0111913.
15. Gajšt. T. (2016): Sea surface microplastics in Slovenian part of the Northern Adriatic, Marine Pollution Bulletin, 113 (1), 1.
16. Gardner, M.L.G., Steffens, K.J. (1995): Persorption - Criticism and Agreement as Based upon In Vitro and In Vivo Studies on Mammals. In Absorption of Orally Administered Enzymes, ur. Springer, Berlin.
17. Gesamp. J. (2016): Indirect and direct bioaccumulation, Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment, International maritime organization, 93, 48-58.
18. Greenpeace Hrvatska. (2017): Utjecaj onečišćenja plastikom na morske vrste, Sredozemlje zatrpano plastikom-istraživanje onečišćeno plastikom, utjecaj na okoliš i rješenja, Srpanj 2017, <https://www.greenpeace.org/static/planet4-croatia-stateless/2017/07/5e8710b8-sredozemlje-zatrpano-plastikom-istra%C5%BEivanje-one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enja-plastikom-utjecaj-na-okoli%C5%A1-i-rje%C5%A1enja.pdf>, pristupljeno 25.4.2021.
19. Grelaud, M., Ziveri, P. (2020): The generation of marine litter in Mediterranean island beaches as an effect of tourism and its mitigation, Sci Rep. 23;10(1):20326.  
doi: 10.1038/s41598-020-77225-5.
20. Guo, X., Wang, J. (2019): The chemical behaviors of microplastics in marine environment, Marine Pollution Bulletin, 142, 1-14.
21. Geiser, M., Schurch, S., Gehr, P. (2003): Influence of surface chemistry and topography of particles on their immersion into the lung's surface-lining layer. J. Appl. Physiol., 94(5), 1793-1801.
22. Hicks, D.G., Judkins, A.R., Sickel, J.Z., Rosier, R.N., Puzas, J.E., O'Keefe, R.J. (1996): Granular histiocytosis of pelvic lymph nodes following total hip arthroplasty: The presence of wear debris, cytokine production, and immunologically activated macrophages. Journal of Bone and Joint Surgery, 78 (1), 482-496.
23. Ian Tiseo (2021): Global plastic production 1950-2020, June 2021, <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/#:~:text=In%202019%2C%20the%20production%20of,plastics%20also%20continues%20to%20grow>; pristupljeno 3.5.2021.

24. IUCN. (2014): The impact of plastics in marine organisms, Plastics debris in the ocean, International Union for Conservation of Nature, Global Marine and Polar Programme, Gland.
25. Karami, A., Golieskardi, A., Keong Choo, C., Larat, V., Galloway, T. S., Salamatinia, B. (2017): The presence of microplastics in commercial salts from different countries, *Scientific Reports*, 7, 46173.
26. Kmetič, I., Murati, T., Kvakani, K., Ivanjko, M., Šimić, B. (2012): Poliklorirani bifenili – toksičnost i rizici, *Croat. J. Food Sci. Technol.* 4 (1) 71-80.
27. Luna, S. M. (2021) : <https://www.fishbase.de/summary/1327>, pristupljeno 3.7.2021.
28. Lusher, A., Hollman, P., Mandoza-Hill, J. (2017): Microplastics in fisheries and aquaculture, *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 615, 47-50.
29. Peternel, R. (2012): Polimeri i okoliš, *Kemija onečišćujućih tvari*, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica. 135-138.
30. Powell, J. J., Faria, N., Thomas-McKay, E., Pele, L.C. (2010): Origin and fate of dietary nanoparticles and microparticles in the gastrointestinal tract, *Journal of Autoimmunity*, 34 (3), 226-233.
31. Prata J. C., (2018): Airborne microplastics: Consequences to human health? *Environmental Pollution*, Volume 234. 115-126.
32. Rodrigue, B. (2017): Plastic toxicity and bioaccumulation, *The Effect Of Macroplastic Debris On Marine Vertebrates*, Salem State University, Salem.
33. Sadri, S.S., Thompson, R.C. (2014): On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England, *Marine Pollution Bulletin*, 81, 55–60.
34. Silva, B., Costa, A., M. F., Duarte, C. (2018): Biotechnology advances for dealing with environmental pollution by micro(nano)plastics: Lessons on theory and practices. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 30–35.
35. Smith-Vaniz, W.F., B.B. Collette and B.E. Luckhurst. (1999): *Fishes of Bermuda: history, zoogeography, annotated checklist, and identification keys*. ASIH Spec. Publ. No. 4. 424 p.
36. Sun, J., Dai, X., Wang, Q., Loosdrecht, M.C.M., Ni. B.J. (2019): Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal, *Water Res*, 152, 21–37.

37. Tutman, P., Bojanić-Varezić, D., Prvan, M., Božanić, J., Nazlić, M., Šiljić, J., Pavičić, M. (2017): Integrirano planiranje u cilju smanjivanja utjecaja morskog otpada, projekt DeFishGear, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, 4-7.
38. Van Cauwenberghe, L., Janssen, C. R. (2014): Microplastics in bivalves cultured for human consumption, *Environmental Pollution*, 193, 65-70.
39. Yuan, W., Liu, X., Wang, W., Di, M., Wang, J. (2019): Microplastic abundance, distribution and composition in water, sediments, and wild fish from Poyang Lake, China, *Ecotoxicology and environmental safety*, 170, 180–187.
40. Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, R., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Ciro, M., Rongioletti, A., Baiocco, F., Draghi, S., D'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M., Giorgini, E. (2021): Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta, *Environment International*, Volume 146, 106274, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>.
41. Halden R.U. (2010): Plastics and health risks. *Ann Rev Pub Health* 31: 179-194.
42. Neimark, J. (2018): Microplastics Are Turning Up Everywhere, Even In Human Excrement. <https://www.npr.org/sections/thesalt/2018/10/22/659568662/microplastics-are-turning-up-everywhere-even-in-human-excrement>; pristupljeno 3.5.2021.