

Karakterizacija mezoplastike (5-25mm) i mikroplastike (frakcija 1-5 mm) u sedimentuplaže u Ninu

Vidas, Mirjam

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:666505>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Sveučilišni diplomski studij

Održivo upravljanje vodenim ekosustavima



Mirjam Vidas

**Karakterizacija mezoplastike (5-25 mm) i
mikroplastike (frakcija 1-5 mm) u sedimentu plaže u
Ninu**

Diplomski rad

Zadar, 21. ožujka 2024.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

**Karakterizacija mezoplastike (5-25 mm) i mikroplastike
(frakcija 1-5 mm) u sedimentu plaže u Ninu**

Diplomski rad

Student/ica:

Mirjam Vidas

Mentor/ica:

doc. dr. sc. Melita Mokos

Komentor/ica:

dr. sc. Ivana Zubak Čižmek

Zadar, 21. ožujka 2024.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Mirjam Vidas**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Karakterizacija mezoplastike (5-25 mm) i mikroplastike (frakcija 1-5 mm) u sedimentu plaže u Ninu** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

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

Zadar, 21. ožujka 2024.

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Meliti Mokos i komentorici dr. sc. Ivani Zubak Čižmek na razumijevanju, ukazanom povjerenju i strpljenju te pomoći i stručnom vodstvu tijekom izrade diplomskog rada, ali i cjelokupnog studija. Također, zahvaljujem se svojoj obitelji na vječnoj podršci, a posebno svojim roditeljima koji su mi omogućili bezbrižno studiranje.

Karakterizacija mezoplastike (5-25 mm) i mikroplastike (1-5 mm) u sedimentu plaže u Ninu

Rastom populacije i različitih grana gospodarstva te industrije raste i količina otpada. Ljudskim djelovanjem i neadekvatnim zbrinjavanjem antropogeni otpad uzrokuje onečišćenje morskih i obalnih ekosustava. Zbog masovne proizvodnje i široke primjene, plastika čini većinu (morskog) otpada te predstavlja globalni problem modernoga doba. U svrhu utvrđivanja prisutnosti i karakterizacije plastičnih čestica na obalnom području, sakupljen je sediment pješčane plaže Ždrijac u Ninu. Uzorkovanje, odvajanje i kategorizacija mikro i mezoplastike provedeno je prema uputama DeFishGear protokola. Svaki ispitak svrstan je u odgovarajuću kategoriju, a potom su mu određene boja i prozirnost, veličina/duljina te masa. Fragmenti su, nedvojbeno, najzastupljenija kategorija mikroplastike pronađena u sedimentu plaže Ždrijac dok su opušci cigareta, odnosno umjetni polimerni materijali, najbrojniji otpad mezoplastike. Također, brojčani udio bistro-bijelo-krem boje značajno premašuje brojnost drugih uočenih boja frakcije. Analizom uzoraka i obradom podataka potvrđuje se prisutnost plastičnog otpada u pijesku plaže Ždrijac.

Ključne riječi: morski otpad, mikroplastika, mezoplastika, pješčana plaža, Nin

Characterization of mesoplastics (5-25 mm) and microplastics (1-5 mm) in the beach sediment in Nin

With growth of the population and various branches of the economy and industry, the amount of waste also increases. Human activity and inadequate disposal of anthropogenic waste causes pollution of marine and coastal ecosystems. Due to mass production and wide application, plastic constitutes the majority of (marine) waste and represents a global problem of modern times. In order to determine the presence and characterization of plastic particles in the coastal area, the sediment of the sandy beach Ždrijac in Nin was sampled. Sampling, separation and categorization of micro and mesoplastics was carried out according to the instructions of the DeFishGear protocol. Each sample is classified into the appropriate category, its colour and transparency, size/length and weight are determined. Fragments are undoubtedly the most represented category of microplastics found in the sediment of the Ždrijac beach, while cigarette butts, i.e. artificial polymer materials, are the most abundant mesoplastic waste. Also, the numerical share of clear-white-cream color significantly exceeds the number of other observed colors of the found fraction. Sample analysis and data processing confirm the presence of plastic waste in the sand of Ždrijac beach.

Key words: marine litter, microplastics, mesoplastics, sandy beach, Nin

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Pregled literature | 5 |
| 3. Ciljevi i svrha rada | 9 |
| 4. Materijali i metode | 10 |
| 4.1. Područje istraživanja | 10 |
| 4.2. Uzorkovanje i analiza uzoraka | 10 |
| 5. Rezultati | 15 |
| 6. Rasprava | 22 |
| 7. Zaključak | 24 |
| 8. Popis literature | 25 |

1. Uvod

Vodena masa prekriva 71% Zemljine površine. More i obala čine kompleksne i visoko produktivne ekosustave s vrlo bogatom biološkom raznolikošću, a samim time pružaju mnoštvo usluga i vrijednosti za žive organizme, uključujući i ljude (Thushari et al., 2020). Količina antropogenog otpada značajno se povećala tijekom posljednjih nekoliko desetljeća (Galgani et al., 2015) što je uzrokovalo pojavu morskog otpada i zagađenje okoliša.

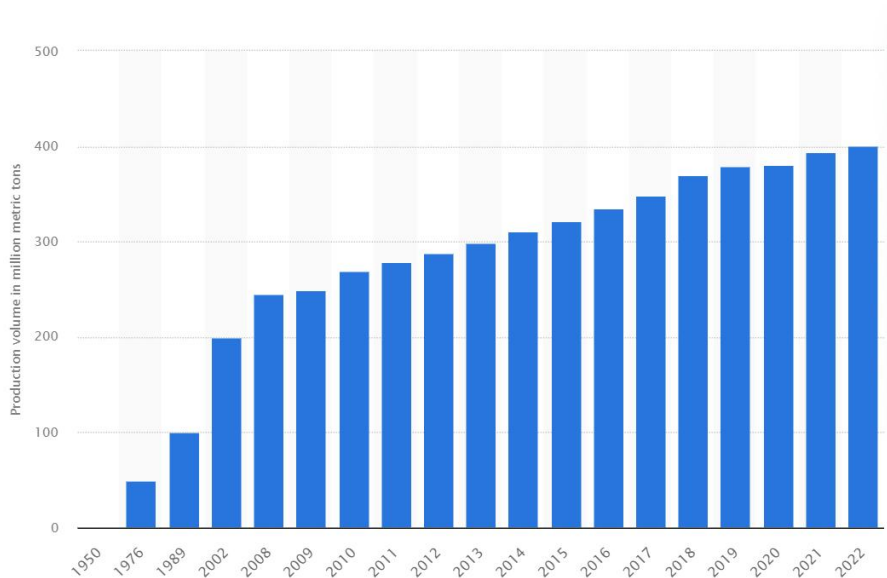
Morski otpad definira se kao svaki postojani, proizvedeni ili prerađeni kruti materijal odbačen, odložen ili napušten u morskom i obalnom ekosustavu (UNEP, 2024), a nastaje kao posljedica ljudske aktivnosti i nalazi se posvuda u oceanu te predstavlja globalni, ekološki problem današnjice. Morski organizmi često se zapetljavaju u odbačenu ili izgubljenu ribarsku opremu poput užadi i mreža što ometa njihovo kretanje, hranjenje i disanje. Također, mnogi morski organizmi često plastične predmete smatraju hranom (Kühn et al., 2015) što organizmu daje lažan osjećaj sitosti. Gutanje čestica plastike zabilježeno je kod raznih morskih organizama poput beskralježnjaka, sisavaca, riba, morskih ptica i kornjača (Di Benedetto et al., 2014; Lavers et al., 2014, Lusher et al., 2015; Nadal et al., 2016; Peters et al., 2016; Welden et al., 2016; Jabeen et al., 2017). Neprobavljena plastika se nakuplja u želucu te onemogućuje reprodukciju i preživljavanje. Plastični otpad može stvoriti gusti sloj na površini i morskom dnu, a posljedice su različite, od gušenja organizama do stvaranja povoljnih uvjeta za one vrste koje se inače ne bi nastanile u tom području (Kühn et al., 2015).

Frakcije mezo, mikro i nanoplastike predstavljaju opasnost za morske organizme (Wright et al., 2013; Desforges et al., 2015; Jabeen et al., 2017) jer su, zbog svoje veličine, lako dostupne na različitim trofičkim razinama, a sveprisutne i tijekom strategije hranjenja (Miller et al., 2020). Također, spomenute frakcije mogu biti vektor prijenosa toksičnih metala (Aston et al., 2010; Holmes et al., 2012; Nakashima et al., 2012; Isobe et al., 2014) i stabilnih organskih zagađivača (Mato et al., 2001; Endo et al., 2005; Rochman et al., 2013; Isobe et al., 2014). Unošenje i prodiranje čestica plastike (usta, škrge) u organizam dovodi do bioakumulacije, a potom i do pojave biomagnifikacije. Bioakumulacija se događa kada je unos određene tvari veći od sposobnosti organizma za izbacivanjem (Miller et al., 2020). Drugim riječima, bioakumulacija podrazumijeva nakupljanje neke tvari u organizmu. Biomagnifikacija

se može definirati kao povećanje koncentracije neke tvari u organizmu kroz proces hranjenja pod pretpostavkom da je kontaminacija uzrokovana konzumacijom hrane, odnosno plijena (Miller et al., 2020). Biomagnifikacijom, kroz hranidbenu mrežu, mikroplastike u konačnici dolazi do čovjeka. Bioakumulacija i biomagnifikacija se koriste za određivanje opsega prijenosa onečišćujućih tvari unutar hranidbene mreže (Miller et al., 2020).

Izvori otpada u moru mogu se podijeliti na kopnene i morske. Otpad u moru se stvara upotrebom pomorskih plovila (brodovi, kruzeri, jahte...), nastaje zbog prisutnosti pučinskih postrojenja (npr. marikultura, naftne platforme) te dolazi iz različitih točkastih i raspršenih izvora. Kopneni izvori uključuju opći javni otpad, industriju, odlagališta koja se nalaze u blizini obale, nepravilno zbrinjavanje, izlivanje otpadnih voda i slično (Galgani et al., 2015). Morski otpad čine razni plastični, gumeni, metalni, keramički i stakleni te papirnati i kartonski predmeti, obrađeno drvo, kemikalije, odjeća i tekstil, ribarski alati i sl. Zbog svojih jedinstvenih karakteristika, poput lakog transporta (strujama i vjetrom) te dugog roka trajanja, plastika se nakuplja u morima i oceanima te stvara značajan problem (Thushari et al., 2020). Također, Galgani et al. u svom radu iz 2015. godine navodi kako 95% otpada, koji se skuplja na plažama, površini mora i morskom dnu, čini plastika. Od 50.-ih godina prošloga stoljeća, količina plastičnog otpada u okolišu znatno je porasla te se procjenjuje kako 4,8 do 12,7 milijuna tona plastičnog otpada s kopna, svake godine, završi u oceanu (Jambeck et al., 2015; Löhr et al., 2017).

Plastikom se nazivaju sve sintetski proizvedene ili prerađene tvari visoke molekularne težine koje sadrže ugljik, a materijal visoke molekularne težine podrazumijeva broj atoma veći od 1000 (Brandsch et al., 2007). Leo Hendrik Baekeland 1907. godine izumio je prvu sintetičku plastiku (bakelit) te je prvi upotrijebio izraz “plastični materijali” 1909. godine, no glavni izumi nastali su između dva svjetska rata. Prve plastične boce nastale su 1968. godine, a 1980. globalna proizvodnja plastike dosegla je 60 milijuna tona. Već 2000. godine proizvodnja plastike dosegla je 187 milijuna tona (Chalmin, 2019), dok je 2017. proizvedeno gotovo 350 milijuna tona plastike u svijetu (Plastics Europe, 2018; Galgani et al., 2019). U sljedeća dva desetljeća predviđa se dvostruko povećanje proizvodnje (Geyer et al., 2017; Galgani et al., 2019). Proizvodnja plastičnog materijala kroz godine prikazan je na slici 1.



Slika 1. Proizvodnja plastike kroz godine

Izvor: <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>

Plastika je derivat prirodnih materijala poput celuloze, soli, sirove nafte, prirodnog plina i ugljena. Sirova nafta je kompleksna mješavina čijom destilacijom počinje proizvodnja plastike. Razdvajanjem sirove nafte nastaju frakcije (skupine lakših komponenti) koje se sastoje od lanaca ugljikovodika, a razlikuju se po veličini i strukturi molekula. Frakcija neophodna za proizvodnju plastike je nafta. Glavni procesi za proizvodnju plastike su polimerizacija i polikondenzacija (Plastics Europe, 2023).

Prema fizikalnim svojstvima plashtika se može podijeliti na:

- Termoplaste
- Elastomere
- Duromere

Povećanjem temperature termoplasti omekšaju, što omogućuje njihovo oblikovanje, a hlađenjem ponovno očvrstnu. Mreža kovalentnih veza, koja povezuje polimerne lance, dovodi do stvaranja elastomera. Duromeri se sastoje od mreža molekularnih struktura, a korak umrežavanja događa se tijekom oblikovanja nakon čega je plastični materijal toplinski stabilan (Brandsch et al., 2007), odnosno čvrstoća duromera ne mijenja se nakon oblikovanja (Plastics Europe, 2023).

Plastika se, prema veličini, dijeli na:

- i. Megaplastiku
- ii. Makroplastiku
- iii. Mezoplastiku
- iv. Mikroplastiku
- v. Nanoplastiku

Karakteristična veličina megaplastike veća je od 100 mm, a veličina makroplastike kreće se između 50 i 100 mm. Veličina frakcije mezoplastike može biti 5 do 25 mm, dok su čestice mikroplastike manje od 5 mm (Thushari et al., 2020). Nanoplastikom se smatraju čestice manje od 1000 nm (Cai et al., 2021). Mezoplastika spada u srednji raspon veličina (5-25 mm), između golim okom vidljive mega i makroplastike te sitnih i oku nevidljivih čestica mikro i nanoplastike. Nastajanje mezo, mikro i nanoplastike povezano je s degradacijom mega i makroplastike na manje dijelove (Jabeen et al., 2017). Degradacijom, u morskom okolišu, dolazi do kemijske promjene plastičnog materijala što, također, uzrokuje smanjenje čvrstoće (Andrady, 2011). Zbog utjecaja sunca, kiše, vjetra i ozona, plastika postaje krhka, lako lomljiva te dolazi do usitnjavanja, a posljedično tome može se pronaći svugdje u okolišu (Erceg et al., 2020).

Andrady u svom radu iz 2011. godine opisuje klasifikaciju degradacije prema procesu koji ju uzrokuje:

- ✓ Biodegradacija (uključuje djelovanje mikroba)
- ✓ Fotodegradacija (podrazumijeva djelovanje svjetlosti, uglavnom sunčeve)
- ✓ Termooksidativna degradacija (spora oksidativna degradacija na umjerenim temperaturama)
- ✓ Toplinska degradacija (nastaje tijekom izlaganja visokim temperaturama)
- ✓ Hidroliza (nastaje reakcijom vode i materijala)

Mikroplastika se može podijeliti na primarnu i sekundarnu. Primarna mikroplastika nastaje namjernom proizvodnjom peleta (Jabeen et al., 2017), a također se može pronaći i u dekorativnoj kozmetici (puder, maskara, ruž...) te proizvodima za osobnu higijenu (pasta za zube, konac za zube, šampon za kosu, gel za tuširanje...). Sekundarna mikroplastika nastaje raspadanjem većih plastičnih predmeta nakon

izlaganja različitim silama (Thushari et al., 2020), odnosno nakon degradacije koju uzrokuju različiti procesi ranije spomenuti.

2. Pregled literature

Zbog visoke urbanizacije, industrijalizacije i turizma Sredozemlje se, uključujući Jadran, smatra jednim od najzagađenijih morskih područja u svijetu. Jadransko more je poluzatvoreni bazen vrlo osjetljiv na onečišćenje zbog niske stope recirkulacije vodene mase. Dosadašnja istraživanja potvrđuju prisutnost mikroplastike na plažama, površini mora, u sedimentima i bioti (Bošković et al., 2021).

Plastika i plastični otpad rastući su onečišćivači mora i oceana te predstavljaju veliku opasnost za živi svijet. S obzirom na to da je plastično zagađenje globalni problem, znanstvenici diljem planeta Zemlje provode razna istraživanja i analize. Republika Hrvatska provodi nacionalni monitoring plastike u sedimentu pješčanih plaža koji se odvija na sjevernom, srednjem i južnom Jadranu na 5 postaja (Krk, Nin, Zaglav, Neretva, Prapratno) tijekom dva vremenska perioda (ožujak-srpanj, rujan). Na sjevernom Jadranu plaže su uglavnom šljunčane ili stjenovite uz prisutnost pijeska zbog čega je uočena visoka koncentracija mikrootpada na postaji Krk. Koncentracije mikroplastike na srednjem i južnom Jadranu niže su prije ljetne sezone, no tijekom monitoringa u rujnu zabilježen je porast mikroplastike, ali i veće razlike u koncentraciji između postaja. Tijekom jeseni primijećene su visoke koncentracije mikroplastike na području plaže Zaglav i Prapratno zbog izloženosti vjetru i strujama, a najbrojniji su fragmenti te komadići stakla. Višegodišnjim monitoringom najveće koncentracije mikrootpada uočene su na plaži Prapratno s porastom u jesenskom periodu. Što se tiče prisutnosti mikroplastike na površini mora, utvrđuje se na 12 različitih postaja, a rezultati pokazuju dominantnost fragmenata na području sjevernog Jadrana. Niske koncentracije zabilježene su na Dugom otoku, dok je u Hvarskom kanalu i jugozapadnoj strani Mljeta koncentracija mikroplastike veća (Tutman et al., 2022).

Erceg et al. su u istraživačkom radu, iz 2020. godine, analizirali sediment plaže Prapratno na poluotoku Pelješcu u svrhu karakterizacije mikroplastike.

Pješčana plaža Prapatno pod utjecajem je prevladavajućih vjetrova (jugo, maestral) te otvorena za javnost tijekom cijele godine što povećava rizik od nakupljanja otpada. Uzorkovanje je provedeno iznad zone prskanja valova, a u uzorku su pronađene razne kategorije mikroplastike poput fragmenata, peleta, granula, filamenata, filmova i pjenastih oblika. Rezultati istraživanja pokazuju da su fragmenti (46,55%) po brojčanom udjelu najzastupljenija kategorija mikroplastike u sedimentu plaže Prapatno, međutim granule (14,66%), filmovi (13,79%), peleti (12,07 %) i pjenasti oblici (11,21%) ne zaostaju dok su filamenti u ovom istraživanju najmanje zastupljeni. Prema masenom udjelu na granule otpada 36,57%, fragmente 35,39%, pelete 21,94% dok filmovi (3,95%), pjenasti oblici (2,15%) i filamenti (0,67%) čine manji dio mase. U pronađenom mikroplastičnom otpadu, u sedimentu plaže Prapatno, gotovo sve boje su prisutne, no uzorci bijele boje prevladavaju (43,43%) što znači da je većina mikroplastičnog otpada neprozirna (90,52%). Od 116 ispita 52,59% spada u veliku mikroplastiku (1-5 mm), dok 42,4 % čini mezoplastiku (5-20 mm). Vrsta polimera u pronađenom mikroplastičnom otpadu dobivena je IR analizom: polietilen (82,46%), polistiren (11,40%), polipropilen (6,14%). Autori navode kako su rezultati očekivani s obzirom da su polietilen, polistiren i polipropilen dominantni polimeri u plastičnoj ambalaži koja je najbrojnija u plastičnom otpadu zbog nepravilnog zbrinjavanja i gospodarenja. Također, zanimljivo je da nije pronađen niti jedan primjerak poli(etilen-tereftalata), poznatiji kao PET ambalaža za piće, upravo zato što se ovom vrstom polimera pravilno gospodari te je dio sustava povratne ambalaže. S obzirom da niti jedan uzorak mikroplastike u sedimentu plaže Prapatno ne odgovara poli(etilen-tereftalatu) ili PET polimeru, utvrđena je značajna učinkovitost sustava povrata ambalaže koji doprinosi smanjenju količine plastike u okolišu (Erceg et al., 2020).

Lim et al. (2023) proveli su istraživanje mezo i mikro plastike na plažama u sjevernom Malajskom prolazu. Gotovo sve plaže (Pulau Songsong, Teluk Aling, Pulau Gazumbo), odabrane za analizu, dostupne su javnosti osim jedne (Pulau Lembu) koja se nalazi u zaštićenom morskom području. Uzorkovanje sedimenta provedeno je duž linije transekta postavljene u 4 različite zone tijekom blage plime. Uzorci su isprani slatkim vodom, osušeni na zraku, izmjereni, prebrojani, izvagani i kategorizirani prema lokaciji pronalaska, veličini, zoni transekta, broju i masi predmeta. Indeks čistoće plaže, Beach Cleanliness Index ili BCI sastoji se od učestalosti čišćenja plaže, dostupnosti kanti za smeće, pojave antropogenih

rekreacijskih aktivnosti i prirodnih čimbenika, a utvrđen je za svaku lokaciju tijekom uzorkovanja. Najviši indeks čistoće pripada plaži Teluk Alingu (-1,63), odmah ispod nalazi se Pulau Songsong (-2,85) i Pulau Lembu (-2,92), a Pulau Gazumbo ima najniži indeks čistoće plaže (-3,99). Prema masi, većina makroplastike pronađena je u stražnjem dijelu plaže, odnosno obale (53-75% ukupne mase) kao i većina mezoplastike (52-80% ukupne mase). Prikupljena makroplastika kategorizirana je prema Malezijskom tržištu plastike što uključuje ambalažu, elektriку i elektroniku, kućanstvo, automobilsку industriju, poljoprivredu i sl. Najveći udio pronađene makroplastike čini ambalaža. Mezoplastika je, nakon uzorkovanja, prema obliku podijeljena na: fragmente, pjenaste oblike, filamente, filmove. Fragmenti su brojčano najzastupljeniji u plastičnom otpadu plaže Pulau Songsong (0,6 predmeta/m²), pjenasti oblici mezoplastike pronađeni su u Pulau Gazumbo (0,11 predmeta/m²), dok je najviše filamenata (0,23 predmeta/m²) i filmova (0,15 predmeta/m²) mezoplastike pronađeno na plaži Teluk Alingu. Autori navode kako na plažama Pulau Songsong (9,77 g/m²) i Pulau Gazumbo (7,32 g/m²) dominira makroplastika. Na pješčanoj plaži Teluk Alingi pronađeno je najmanje makroplastičnog (3,58 g/m²), a najviše mezoplastičnog (0,55 predmeta/m²) otpada. Većina pronađene makroplastike na plažama pripada ambalaži (plastične boce, spremnici, polistirenske pjene). Autori opisuju Malajski prolaz kao jedno od žarišta morskog otpada zbog intenzivnih pomorskih aktivnosti, ali i neadekvatne infrastrukture za zbrinjavanje i odlaganje otpada u određenim obalnim područjima. U ovom radu, također, je naglasak na važnosti zaštite Malezije od onečišćenja otpadom zbog bogate bioraznolikosti (Lim et al., 2023).

Prisutnost mikroplastike (1-5 mm) i mezoplastike (>5 mm) ispitana je na 24 morske plaže duž Latvije u sjeveroistočnoj Europi (Dimante-Deimantovica et al., 2023). Baltičko more jedno je od najvećih, svjetskih, boćatih vodenih bazena, a u istočnom dijelu smjestio se Riški zaljev. Gotovo 50% stanovništva živi u obalnom području, a tijekom ljeta broj ljudi osjetno raste. Osim morskih plaža u istraživanje su uključene luke Riga i Ventspils, gospodarska zona Liepaja te sedam manjih luka. Sediment je prosijan kroz sita veličine 5 i 1 mm, a u laboratoriju je otopina natrijevog klorida (NaCl) korištena za uklanjanje čestica sedimenta iz uzorka dok se 30%-tnim vodikovim peroksidom (H₂O₂) i natrijevim hidroksidom (NaOH) uklonila organska tvar. Provedena je vizualna analiza uzorka te su boja, veličina i oblik određeni za svaku pronađenu česticu. Također, obavljena je i analiza kemijskog sastava pomoću

metode spektroskopije. Rezultati pokazuju da je mezoplastika prisutna na 22 od 24 ispitane morske plaže. Prosječna koncentracija mezoplastike na plaži otvorenog Baltičkog mora iznosila je 0,16 čestica/kg suhog sedimenta, dok je u sedimentu plaže Riškog zaljeva prosječna koncentracija iznosila nešto manje (0,10 čestica/kg suhog sedimenta). Mikroplastika je pronađena na svim ispitanim plažama te je prosječna koncentracija mikroplastičnih čestica u sedimentu plaže otvorenog Baltičkog mora bila mnogo veća od mezoplastičnih čestica (3,93 čestica/kg suhog sedimenta), a koncentracija na plažama u Riškom zaljevu također nije zaostala (2,44 čestica/kg suhog sedimenta). Više od 61% pronađenih mezoplastičnih čestica čine vlakna, dok su fragmenti pronađeni u omjeru od 31%, no na nekim plažama (Akmenrags, Ventspils i Majori) fragmenti su dominirali u uzorku. U mikroplastičnom otpadu gotovo 70% čestica su bila vlakna, a 30% fragmenti. Filmovi su prepoznati u mezoplastičnom (5%) i mikroplastičnom (>1%) otpadu, ali u značajno manjem postotku. Što se tiče boje čestica crna boja je najzastupljenija kod mezoplastike (28%) i mikroplastike (29%), potom bijela (27% i 15%), plava (11% i 25%) dok su ostale boje (crvena, žuta, siva, zelena, ljubičasta, ružičasta i smeđa) pronađene u postotku manjem od 9%. Od ukupnog broja čestica mezoplastike polietilen čini 57,9%, polipropilen 26,3%, a polistiren 1,3%. U frakciji mikroplastike određene su vrste polimera u nešto drugačijem postotku: 70,3% polietilen, 21,5% polipropilen, polistiren 3,8%. ANOVA test nije pokazao značajne razlike u koncentraciji čestica na plažama otvorenog Baltičkog mora i plažama Riškog zaljeva, no t-test je pokazao značajne razlike u koncentraciji čestica veličine 1-5 mm u istočnom i zapadnom dijelu Riškog zaljeva. Autori zaključuju da onečišćenjem mikroplastikom može varirati lokalno i privremeno ovisno o sezoni uzorkovanja, energiji valova, vjetra, obrascu strujanja, izvorima onečišćenja i slično (Dimante-Deimantovica et al., 2023).

S obzirom da je onečišćenje plastikom globalni problem koji lokalno i regionalno varira, 2016. godine Young et al. provode karakterizaciju mikroplastike i mezoplastike u sedimentu plaža na Hawaiiima. Sediment je uzet s dvije pješčane plaže, Kamilo i Kahuku koje su međusobno udaljene oko 400 km. Uzorci sedimenta na plaži Kahuku prikupljeni su iz tri kvadrata u listopadu 2014., a sediment s plaže Kamilo uzorkovan je u studenom iste godine. Svi uzorci su prosijani kroz niz sita u svrhu dobivanja četiri različite kategorije veličina (0,5-1 mm, 1-2 mm, 2-4 mm, 4-8 mm). Ramanova spektroskopija korištena je za utvrđivanje sastava plastičnog polimernog materijala. Dobiveni spektri uspoređeni su s postojećim spektrima kako bi se otkrio

sastav čestica. Prikupljene su 28 782 plastične čestice s plaže Kamilo i 16 206 čestica s plaže Kahuku, ukupno 44 988 čestica mikroplastike i mezoplastike. Čak 93,2%, ukupnog broja plastičnih čestica, čine fragmenti te 6,8% peleta. Veličina gotovo svih peleta (95,9%) kreće se između 2-4 mm. Također, većina ih je bijele boje (87,7%), manji dio crne boje (12,2%), a pronađene su i peleti plave te smeđe boja. Prevladavajuća boja plastičnih frakcija je bijela (66-75,6%). Ostale boje u uzorku poput plave, zelene i crne prisutne su u rasponu 1,3 do 12,1%. Crvena, žuta, narančasta, smeđa i ljubičasta pronađene su u vrlo malom postotku (0,2-0,6%). Od 75 fragmenata analiziranih Ramanovom spektroskopijom, 63 su polietilenskog sastava, a 6 polipropilenskog dok se za 6 fragmenata nije mogao utvrditi sastav. Autori navode kako je ukupno 6,8% peleta pronađeno na dvije pješčane plaže. Većina tih peleta (87,7%) je bijele i/ili neke kombinacije bijele boje (Young et al., 2016).

3. Ciljevi i svrha rada

Ciljevi provedenog istraživanja na plaži Ždrijac u Ninu su:

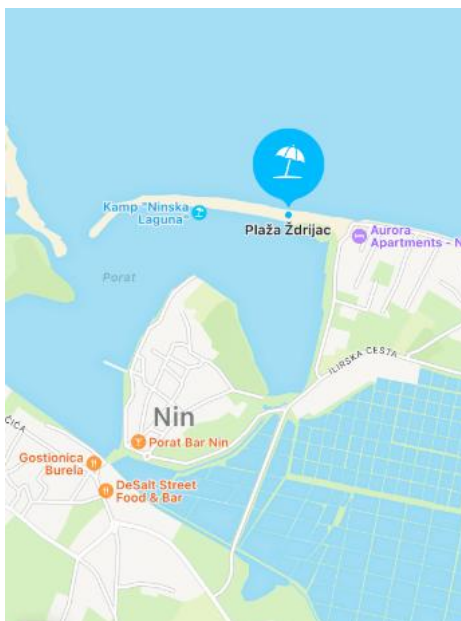
- Utvrđivanje količine mikro (1-5 mm) i mezo (5-25 mm) otpada
- Svrstavanje uzoraka (prema obliku) u kategorije definirane DeFishGear protokolom
- Određivanje boje, prozirnosti, mase i veličine svakog ispitka
- Kategorizacija mezoplastike prema popisu morskog otpada (Master List of Categories of Litter Items)

Svrha ovog istraživanja jest utvrditi stanje (onečišćenost) pješčane plaže Ždrijac u razdoblju prije i poslije ljetne sezone te ukazati na važnost pravilnog odlaganja i zbrinjavanja plastičnog otpada u svrhu smanjenja zagađenja okoliša. Skrenuti će se pažnja na sve veće izazove modernog doba, a naročito onečišćenje morskog i obalnog ekosustava plastičnim otpadom. Pojasniti će se problematika plastike i (plastičnog) morskog otpada te objasniti pojmovi poput bioakumulacije i biomagnifikacije.

4. Materijali i metode

4.1. Područje istraživanja

Plaža Ždrijac smještena je u Ninskom zaljevu Zadarske županije. S jedne strane moguće je vidjeti stari dio grada Nina, a s druge strane pogled seže do mjesta Vrši i planine Velebit (slika 2).



Slika 2. Lokacija istraživanja

Izvor: Apple Maps

Širina pješčane plaže Ždrijac iznosi 40 metara, dužina 1500 metara, a površina 47 metara kvadratnih dok kapacitet za prihvata kupaca broji čak 5000 (Travel Croatia Live). Tijekom ljetnih mjeseci plaža je popularno mjesto za kupanje zbog brojnih sadržaja u neposrednoj blizini (parking, beach bar, restoran, dućan...) te pruža razne aktivnosti za posjetitelje.

4.2. Uzorkovanje i analiza uzoraka

Materijali i metode, korištene u svrhu provedbe istraživačkog rada, pratile su DeFishGear protokol u kojem je definiran način uzorkovanja i analize sedimenta plaža.

Materijali korišteni prilikom uzorkovanja sedimenta plaže Ždrijac su:

- Kvadrat (1 m x 1 m)
- Metar
- Metalna lopatica
- Menzura volumena 5 litara
- Sita veličine 1 mm i 5 mm
- Staklene teglice za pohranu uzoraka
- Naljepnice za označavanje uzoraka

Prikupljanje sedimenta na plažama odvija se između linije visoke vode i samog vrha, odnosno stražnjeg dijela plaže. Uzorkovanje započinje postavljanjem kvadrata veličine 1 m x 1 m iznad zone prskanja valova, a metalnom lopaticom se prikupljaju gornja 3 centimetra sedimenta sve dok cijela površina kvadrata nije obrađena. Sediment se stavlja u menzuru za određivanje volumena, a potom se prosijava kroz sita veličine 1 mm i 5 mm. Ostaci, prosijanog sedimenta, na situ pohranjuju se u odvojene staklene teglice. Ovaj postupak uzorkovanja ponavlja se najmanje 5 puta s udaljenošću od najmanje 5 metara između svake replike (Palatinus et al., 2015).

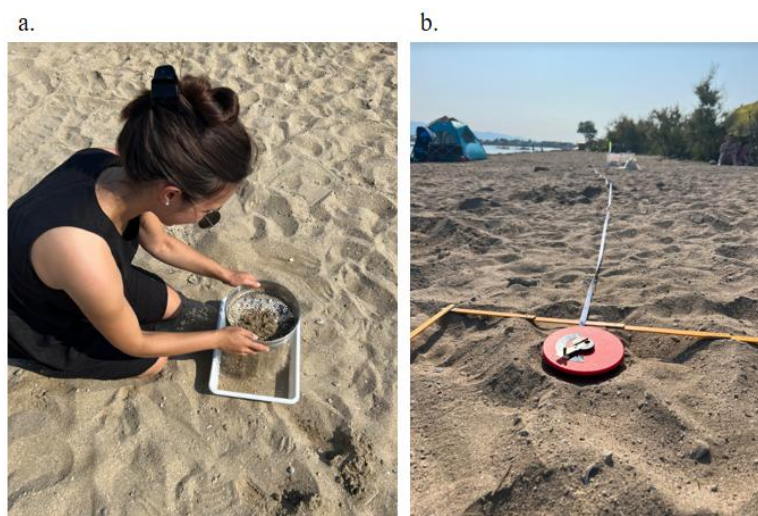
Uzorkovanje sedimenta pješčane plaže Ždrijac provedeno je dva puta tijekom 2023. godine. Prvo uzorkovanje sedimenta plaže Ždrijac u Ninu provedeno je 27. lipnja. Slika 3 prikazuje postupak uzorkovanja sedimenta. Uzorkovanje započinje postavljanjem kvadrata i sakupljanjem površinskog dijela sedimenta metalnom lopaticom (3a). Po završetku prikupljanja sedimenta izmjeren je volumen uzorka (3b).



Slika 3. Postupak uzorkovanja sedimenta

Izvor: Mirjam Vidas

Prikupljeni sediment se prosijava (slika 4a), a ostaci na situ se pohranjuju u staklene posude za daljnju analizu. Udaljenost između replika (5 m) određena je pomoću metra (slika 4b).

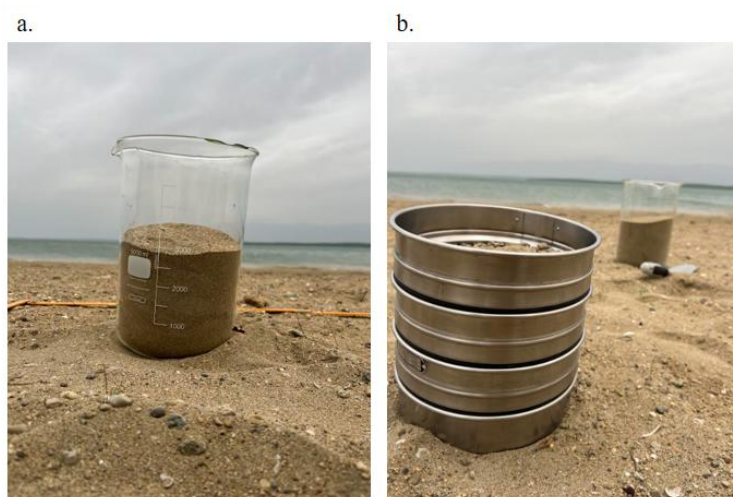


Slika 4. Prosijavanje sedimenta i određivanje udaljenosti između replika

Izvor: Mirjam Vidas

Uzorci su, s terenskog dijela istraživanja, dopremljeni u laboratorij i vizualno analizirani.

Drugo uzorkovanje sedimenta plaže Ždrijac u Ninu provedeno je 20. listopada 2023. godine, odnosno po završetku ljetne turističke sezone (slika 5). Kao i tijekom uzorkovanja u lipnju, nakon prikupljanja i mjerenja volumena (5a), sediment je prosijan (5b) te su uzorci pohranjeni u staklenke.



Slika 5. Uzorkovanje i prosijavanje sedimenta nakon ljetne sezone

Izvor: Mirjam Vidas

Nakon uzorkovanja uzorci su dopremljeni u laboratorij i vizualno analizirani. Velika mikroplastika u uzorku izdvojena je pomoću mikroskopa. Daljnja analiza uzoraka provedena je prema uputama DeFishGear protokola.

Tijekom odvajanja mikroplastike od sedimenta, prema DeFishGear protokolu iz 2015. godine, važno je obratiti pozornost na:

- 1) Odsutnost stanične strukture
- 2) Neravne, oštre i krive rubove
- 3) Jednoliku debljinu
- 4) Karakteristične boje (plava, žuta, crvena, zelena...)

Svaka pronađena frakcija mezoplastike kategorizira se prema popisu morskog otpada (Master List of Categories of Litter Items), dok se čestice velike mikroplastike svrstavaju u kategorije prikazane na slici 6, a također im se određuje boja i prozirnost, mjeri duljina (dijagonalno) i težina (Palatinus et al., 2015).

| Micro litter categories |
|--|
| Fragments (G103, G104, G105, G106) |
| Pellets (G107, G108, G109, G110, G111) |
| Granules (G116) |
| Filaments (G113) |
| Films (G114) |
| Foam (G115, G117) |
| Other (nonplastic materials)(G217) |
| Uncategorized plastic pieces* |

Slika 6. Kategorije frakcija mikroplastike

Izvor: DeFishGear protokol <https://mio-ecsde.org/wp-content/uploads/2014/12/Protocols-sea-surfacebeach-sediments-Feb15.pdf>

Slika 7 prikazuje tablicu za određivanje boje i/ili prozirnosti pronađene mikroplastike.

| Colour of plastic items | |
|-------------------------|--|
| White | |
| Clear-white-cream | |
| Red | |
| Orange | |
| Blue | |
| Black | |
| Grey | |
| Brown | |
| Green | |
| Pink | |
| Tan | |
| Yellow | |

| Transparencency of plastic items | |
|----------------------------------|--|
| Transparent | |
| Opaque | |

Slika 7. Određivanje boje i prozirnosti česticama velike mikroplastike

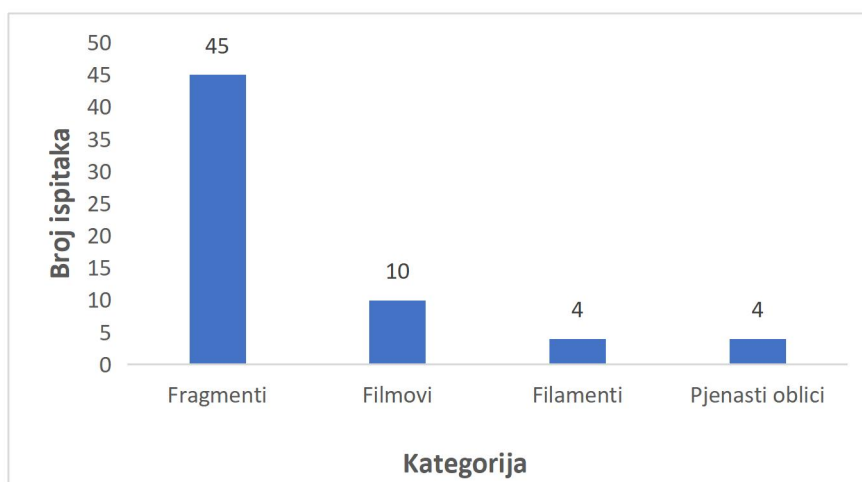
Izvor: DeFishGear protokol <https://mio-ecsde.org/wp-content/uploads/2014/12/Protocols-sea-surfacebeach-sediments-Feb15.pdf>

Nakon podjele i kategorizacije plastike prema DeFishGear protokolu, uzorci su vagani. Ukoliko je težina čestica iznimno niska te nije moguće provesti vaganje svakog ispitka, tada se čestice iz svih kategorija važu zajedno (Palatinus et al., 2015). Kemijska analiza uzoraka, kao i određivanje sastava frakcije, u ovom istraživanju nije provedena.

5. Rezultati

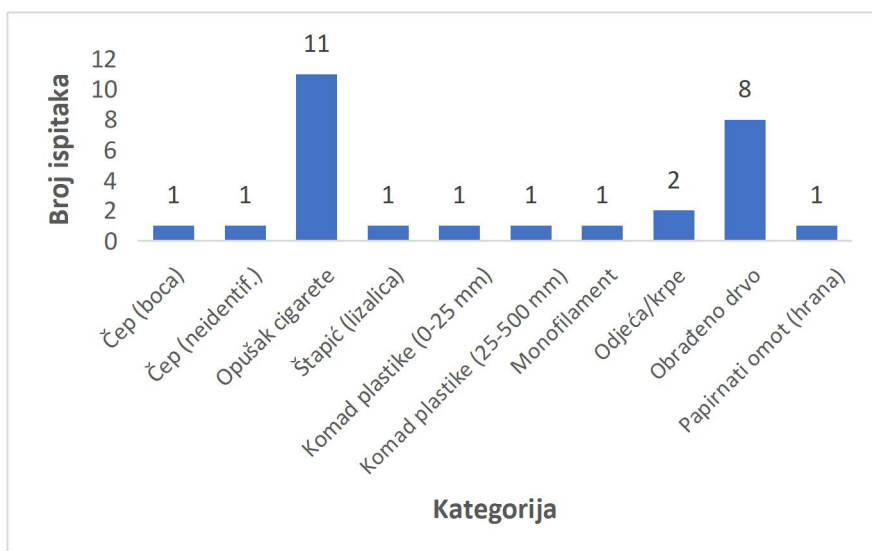
Prikupljeno je 10 uzoraka sedimenta, a tijekom prvog uzorkovanja (27. lipnja 2023.) ukupni volumen iznosio je 34,75 l dok je u listopadu iste godine sakupljeno 34,50 l sedimenta. Svakom mikroplastičnom ispitku određena je kategorija, boja, prozirnost, masa te veličina/duljina dok prozirnost mezoplastično otpada nije uzeta u obzir. Nakon odvajanja mikro i mezoplastičnih čestica, a prije karakterizacije otpada, uzorak je vagan u cijelosti s ukupnom masom od 9,23 g.

Mikroplastični otpad, s oba uzorkovanja, vizualno je razvrstan u kategorije prema EU TG ML MasterList, a slika 8 prikazuje broj ispitaka u svakoj od njih. Vidljivo je kako fragmenti (45) brojčano prednjače nad ostalim kategorijama iako su druga najzastupljenija kategorija filmovi (10) dok je filamenata (4) i pjenastih oblika (4) podjednako pronađeno u sedimentu pješčane plaže Ždrijac.



Slika 8. Broj mikroplastičnih ispitaka u pojedinoj kategoriji

Mezoplastični otpad svrstan je u odgovarajuće kategorije prema Master List of Categories of Litter Items, a broj ispitaka vidljiv je na slici 9. Opušci cigareta (11) te obrađeno drvo (8) su najbrojniji otpad mezoplastike.



Slika 9. Broj mezoplastičnih ispitaka u pojedinoj kategoriji

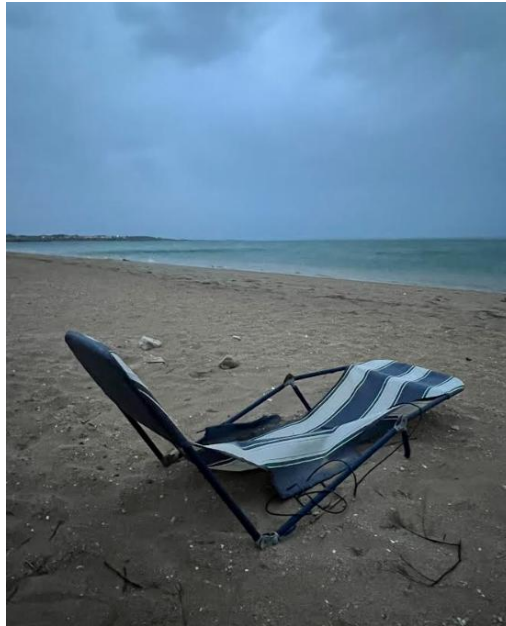
Također, za vrijeme uzorkovanja sedimenta u listopadu uočeno je više morskog otpada na plaži nego u lipnju (slika 10).



Slika 10. Morski otpad na plaži u listopadu

Izvor: Mirjam Vidas

Uz mnoštvo opušaka cigareta, na plaži je pronađen i mnogo veći otpad (slika 11).

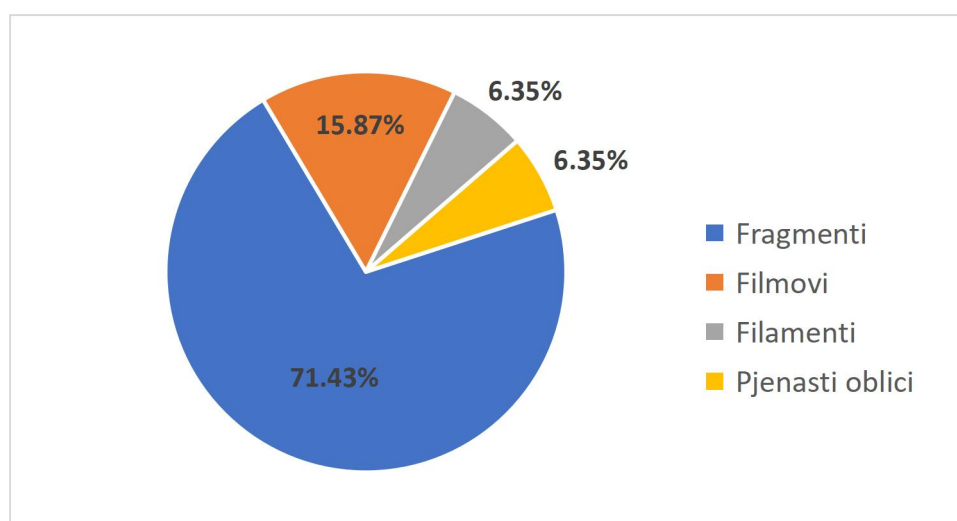


Slika 11. Stara ležaljka ostavljena na plaži

Izvor: Mirjam Vidas

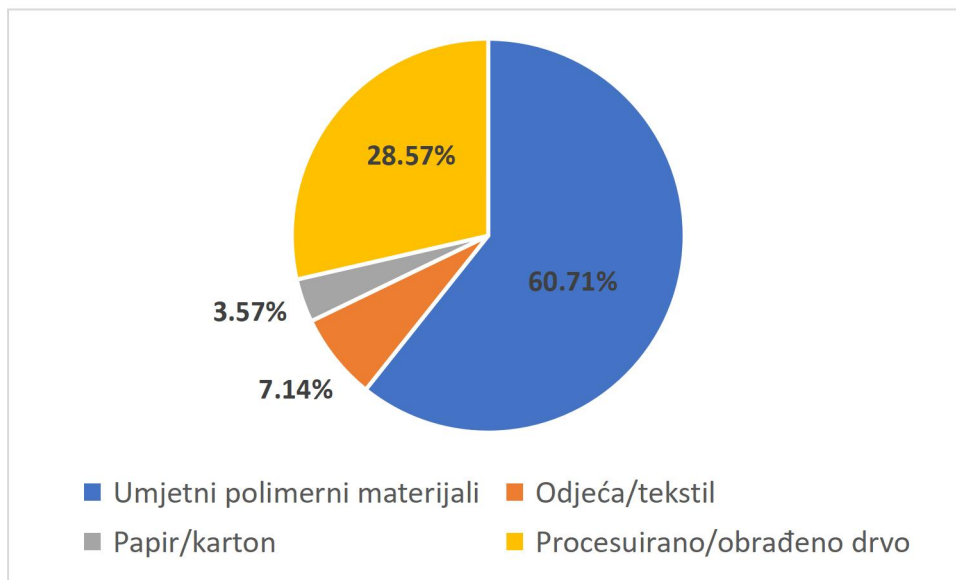
Nakon razvrstavanja plastičnog otpada, svaki ispitak je vagan, međutim, masa mikroplastičnog otpada bila je manja od 0,001 g čak i tijekom cjelokupnog vaganja frakcija.

Udio ispitaka mikroplastike uočljiv je na slici 12. Visoki brojčani udio fragmenata (71,43%) je očekivan s obzirom da su fragmenti prvi po brojnosti u pronađenom otpadu mikroplastike.



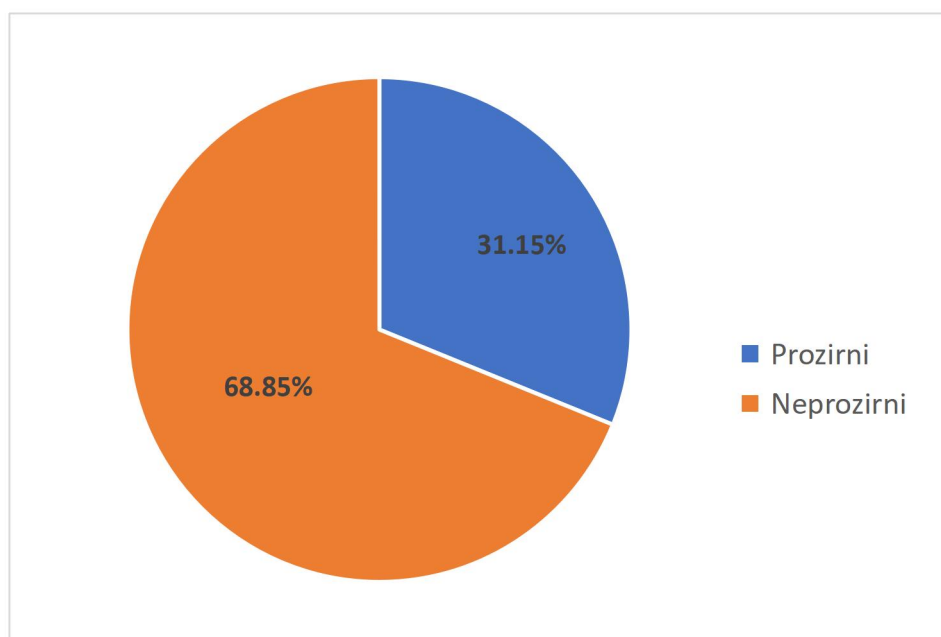
Slika 12. Udio mikroplastičnih ispitaka

Udio mezoplastike vidljiv je na slici 13. Umjetni polimerni materijali nedvojbeno su najbrojnija kategorija mezoplastike dok su ispiti u kategoriji papir/karton znatno rjeđe zastupljeni (3,57%).



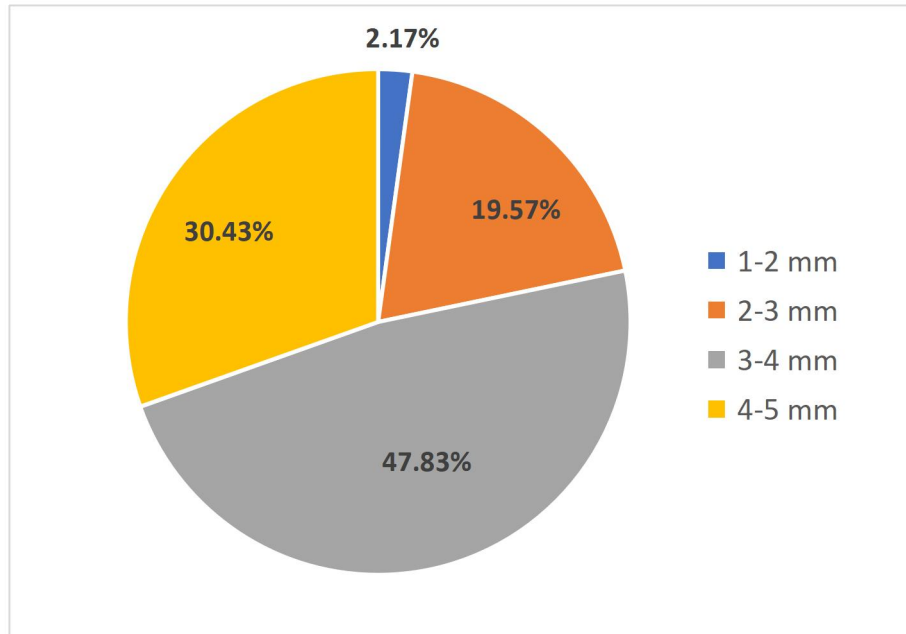
Slika 13. Udio mezoplastičnih ispitaka

Prozirnost ispitaka mikroplastike vizualno je određena, a podatci su priloženi na slici 14. Pronađeno je više neprozirnih (68,85%) nego prozirnih (31,15%) komadića mikroplastike prilikom analize uzoraka.



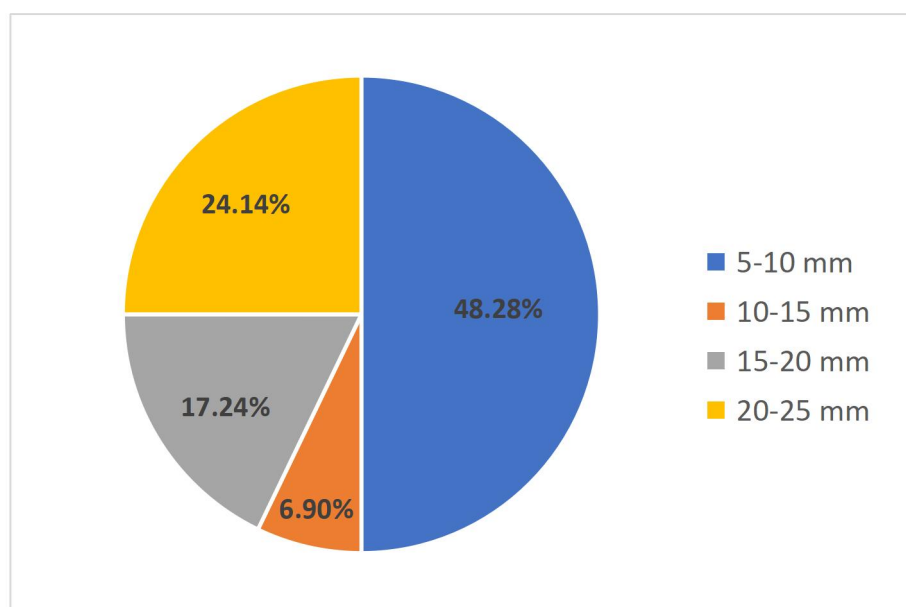
Slika 14. Udio (ne)prozirnih ispitaka mikroplastike

Brojnost ispitaka u različitim rasponima veličina, u mikroplastičnom otpadu, izražen je na slici 15. Veličina ispitaka uglavnom se kretala u rasponu 3-4 mm (47,83%) te 4-5 mm (30,43%) dok je bilo vrlo malo ispitaka veličine 1-2 mm (2,17%).



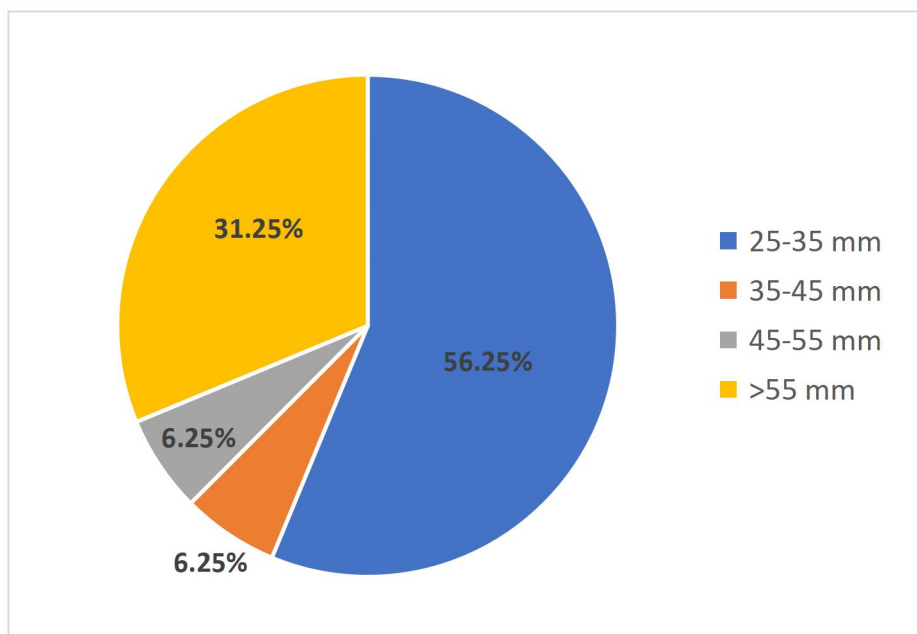
Slika 15. Raspodjela ispitaka mikroplastike po različitim veličinskim rasponima

Veličina ispitaka mezoplastike primjetna je na slici 16. Gotovo 50% ispitaka mezoplastike nalazi se u rasponu veličine 5-10 mm, a oko 25% čini otpad veličine 20-25 mm.



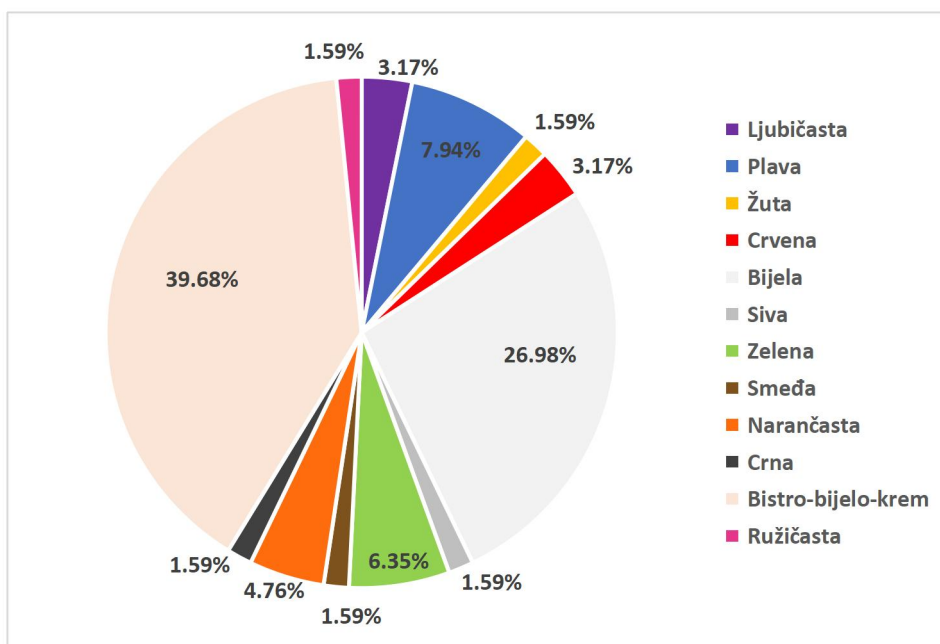
Slika 16. Udio mezoplastičnih ispitaka po veličinskim rasponima

Prisutnost makroplastičnog otpada prikazana je na slici 17. Najčešća veličina ispitaka makroplastike jest 25-55 mm.



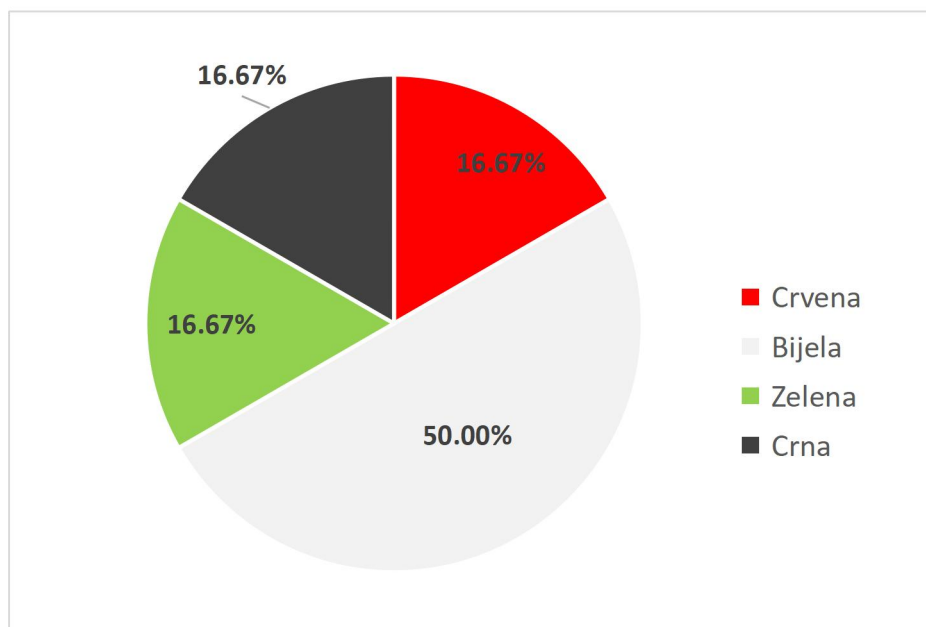
Slika 17. Raspodjela makroplastike po veličini

Vizualnom analizom određena je boja svakog ispitka, a slika 18 prikazuje svaku pronađenu boju i njen udio. Oko 40% frakcije ima bistro-bijelo-krem (clear-white-cream) boju, gotovo 27% mikro otpada je bijele boje, 7,94% frakcije jest plave boje, a 6,35% plastičnih uzoraka je zelene boje. Ljubičasta, žuta, crvena, siva, smeđa, narančasta, crna i ružičasta pojedinačno čine manje od 5% brojčanog udjela.



Slika 18. Udio boja mikroplastike

Manji spektar boja, ali i manje ispitaka, pronađeno je u mezoplastičnom otpadu (slika 19). Bijela je prevladavajuća boja mezoplastičnih ispitaka dok su zelena, crna i crvena podjednakog brojčanog udjela (16,67%).



Slika 19. Udio boja mezoplastičnih ispitaka

6. Rasprava

Tijekom analize mikropastičnog otpada nisu pronađene granule, peleti, neidentificirani plastični komadići te drugi (neplastični) materijali. U otpadu mezoplastike odsutni su materijali poput gume, metala, stakla/keramike te neidentificiranih materijala i/ili kemikalija.

Tijekom lipnja 2023. godine sakupljeno je 5 uzoraka sedimenta pješčane plaže Ždrijac te je analizom utvrđena prisutnost 21 fragmenta, 8 filmova, 2 filameta i 3 pjenasta oblika što je ukupno 34 ispitaka. Drugo uzorkovanje provedeno je u listopadu iste godine kada je zabilježeno 24 fragmenata, 2 filma, 2 filameta i 1 pjenasti oblik.

Od ukupno 5 sakupljenih uzoraka sedimenta u lipnju, odsutnost mezoplastike zabilježena je u 2 nalaza. Ponovljenim uzorkovanjem u listopadu, nazočnost mezoplastike potvrđena je u svih 5 nalaza. Najčešći mezoplastični, ali i mikroplastični, otpad su opušci cigareta (7). Iz navedenih rezultata može se zaključiti kako količina plastike nije značajno porasla nakon ljetnih mjeseci iako se očekivalo mnogo više otpada s obzirom na posjećenost i mnoge sadržaje u neposrednoj blizini (restoran, trgovina, beach bar, apartmani...). Unatoč tome što je Ninski zaljev izložen buri, valovi nemaju osobiti doprinos kada je riječ o donosu plastične frakcije na pješčanu plažu Ždrijac što potvrđuje mala količina plastičnog otpada pronađena u sedimentu. Međutim, prisutnost mikro i mezoplastike potvrđuju dosadašnja istraživanja te opravdavaju zabrinutost znanstvenika diljem svijeta za morske i oceanske, ali i obalne, ekosustave. Plastični otpad nalazi se u svim ekosustavima o čemu govore razne studije, a posebice kada je riječ o plastičnom otpadu u sedimentu plaža i površini mora. Tako je, primjerice, u sedimentu plaže Prapatno, na poluotoku Pelješcu, otkriveno mnoštvo fragmenata (oko 47%) te nešto manje granula, filmova, peleta i pjenstih oblika. Analizom sedimenta plaže Ždrijac pronađeno je gotovo 72% fragmenata što je čak 25% više od količine fragmenata pronađenih na pješčanoj plaži Prapatno.

Nacionalni program Republike Hrvatske za praćenje plastike u sedimentu, ali i na površini mora, potvrđuje prisutnost plastičnog materijala na sjevernom, srednjem i južnom Jadranu. Dugogodišnjim monitoringom opažene su najveće koncentracije mikroplastike na lokaciji Prapatno, no u jesenskom razdoblju na plaži Zaglav su, također, zabilježene visoke koncentracije mikroplastičnog otpada. Malezija je provela studiju sa svrhom karakterizacije mezo i makroplastike te je plaža Pulao Gazumbo

proglašena najzagađenijom iako je plastični otpad bio prisutan i na drugim lokacijama. Prema masi otpad mezoplastike čini do 75%, a makroplastike do 80% s tim da najveći udio makro nalaza čini ambalaža dok na plaži Ždrijac prevladava mikrootpad, a potpuno je odustna megaplastika. U Latviji su ispitane 24 plaže i na svima je nađena mikroplastika, dok je na samo 2 plaže mezoplastika bila odsutna. U istraživanju, provedenom na Ninskoj plaži, utvrđena je mikroplastika tijekom sakupljanja sedimenta u lipnju i listopadu, a mezoplastika je, u periodu prije ljetne sezone, bila odustna u čak dva uzorka, slično analizi sedimenta provedenoj u Latviji gdje mezoplastika, također, nije prisutna u svim uzorcima. Količina vlakana (7,14 %) pronađena u sedimentu Ninske plaže gotovo je zanemariva u odnosu na vlakna otkrivena u uzorku mikro (oko 70%) i mezo (oko 60%) otpada s obale Latvije. Hawaii su zabilježili mnoštvo peleta (čak 93%) dok na plaži Ždrijac nije pronađen niti jedan primjerak. Oko 96% peleta je između 2-4 mm, a prevladavajuća je bijela boja. Iako su peleti potpuno odustni na obali Nina, pronađena frakcija mikro i mezo plastike uglavnom je bijele boje.

Rezultati istraživanja različitih obalnih područja potkrepljuju saznanja o sveprisutnom mikro i mezo plastičnom otpadu.

7. Zaključak

Masovna proizvodnja umjetnih polimernih materijala i široka primjena plastike dovelo je do onečišćenja svih ekosustava na Zemlji. Zbog dugog roka trajanja i lakog transporta, plastika se nakuplja u oceanima, morima i obalnim područjima. Utjecajem vjetra, Sunca, kiše i ozona, tvrdoća plastike opada što uzrokuje usitnjavanje većih komada i stvaranje mezo i mikroplastike. Male frakcije plastike vrlo su opasne za morske organizme jer se unošenje i/ili prodiranje plastičnih čestica u organizam pojavljuje bioakumulacija, odnosno biomagnifikacija. Provedenom analizom sedimentaplaže Ždrijac utvrđena je prisutnost različitih kategorija mezo (umjetni polimerni materijali, odjeća/tekstil, papir/karton, procesuirano/obrađeno drvo) i mikro (fragmenti, filamenti, filmovi, pjenasti oblici) plastičnog otpada. Količina plastičnog morskog otpada u sedimentu prikupljenom tijekom lipnja nije se značajno razlikovala od količine plastike pronađene tijekom uzorkovanja krajem listopada. Brojna istraživanja provedena diljem svijeta (Hawaii, Latvija, Hrvatska, Malezija...) potvrđuju prisutnost plastike kako u moru tako i na morskoj obali. Analizama sedimenata te nalaza plastičnih frakcija dobivaju se rezultati važni za provedbu daljnjih studija i donošenje mjera neophodnih za smanjenje zagađenja okoliša plastičnim materijalom. Podizanjem svijesti o ozbiljnosti problema kojeg plastika stvara u okolišu, potiče se stanovništvo na korištenje alternativnih materijala prirodnog porijekla. Pravilno odlaganje, zbrinjavanje i gospodarenje otpadom spriječiti će nekontrolirano dospijevanje velikih količina otpada u morske i obalne ekosustave, a samim time i daljnje širenje. Mora i oceani, kao i otpad, ne poznaju granice.

8. Popis literature

1. Thushari G. G. N., Senevirathna J. D. M. (2020) "Plastic pollution in the marine environment" in *Heliyon* vol. 6, issue 8
2. Galgani F., Hanke G., Mes T. (2015) "Global Distribution and Abundance of Marine Litter" in Bergmann M., Gutow L., Klages M. "Marine Anthropogenic Litter" pp 29-56 Springer
3. Kühn S., Bravo Rebolledo E. L., van Franeker J. A. (2015) "Deleterious Effects of Litter on Marine Life" in Bergmann M., Gutow L., Klages M. "Marine Anthropogenic Litter" pp 75-117
4. UNEP Environment programme (<https://www.unep.org/topics/ocean-seas-and-coasts/regional-seas-programme/marine-litter>) pristupljeno: 09.02.2024.
5. Galgani L., Beiras R., Galgani F., Panti C., Borja A. (2019) "Impacts of Marine Litter" *Front. Mar. Sci.* 6:208
6. Löhr A., Savelli H., Beunen R., Kalz M., Ragas A., Van Belleghem F. (2017) "Solutions for global marine litter pollution" in Kroeze C., Caniels M., Huitema D., Vranken H. "Current Opinion in Environmental Sustainability" vol 28, pp 90-99 Elsevier
7. Jambeck J., Geyer R., Wilcox C. (2015) "Marine pollution. Plastics waste inputs from land into the ocean" *Science* 347 pp 768-771
8. Wright S. L., Thompson R. C., Galloway T. S. (2013) "The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review" in *Environmental pollution* vol 178 pp 483-492
9. Desforges J. P. W., Galbraith M., Ross P. S. (2015) "Ingestion of Microplastics by Zooplankton in the Northeast Pacific Ocean" in "Archives of Environmental Contamination and Toxicology" vol 69 pp 320-330
10. Di Benedetto A. P. M., Ramos R. M. A. (2014) "Marine debris ingestion by coastal dolphins: What drives differences between sympatric species?" in "Marine Pollution Bulletin" vol 83 issue 1 pp 298-301
11. Lavers J. L., Bond A. L., Hutton I. (2014) "Plastic ingestion by Flesh-footed Shearwaters (*Puffinus carneipes*): Implications for fledgling body condition and the accumulation of plastic-derived chemicals" in "Environmental Pollution" vol 187 pp 124-129

12. Lusher A. L., Tirelli V., O'Connor I., Officer R. (2015) "Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples" Sci Rep 5 article no 14947
13. Nadal M. A., Alomar C., Deudero S. (2016) "High levels of microplastic ingestion by the semipelagic fish bogue Boops Boops (L.) around the Balearic Islands" in "Environmental pollution" vol 214 pp 517-523
14. Peters C. A., Bratton S. P. (2016) "Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA" in "Environmental Pollution" vol 210 pp 380-387
15. Welden N. A. C., Cowie P. R. (2016) "Long-term microplastic retention causes reduced body condition in the langoustine, *Nephrops norvegicus*" in "Environmental Pollution" vol 218 pp 895-900
16. Tutman P., Smodlak Tanković M. (2022) "Mikroplastika na plažama i površini mora" (<https://vrtlac.izor.hr/ords/bazapokpub/bindex>) pristupljeno: 09.02.2024.
17. Plastics Europe (<https://plasticseurope.org/plastics-explained/how-plastics-are-made/>) pristupljeno: 15.11.2023.
18. Brandsch J., Piringner O. (2007) "Characteristics of plastic materials" in Baner A. (2007) "Plastic Packaging Materials for Food: Barrier Function, Mass Transport, Quality Assurance, and Legislation" pp 9-42
19. Chalmin P. (2019) "The history of plastics: from the Capitol to the Tarpeian Rock" in "Reinventing plastics" OpenEdition Journals special issue, vol. 19, pp 6-11 online časopis
20. Cai H., Xu E. G., Du F., Li R., Liu J., Shi H. (2021) "Analysis of environmental nanoplastics: Progress and challenges" in Chemical Engineering Journal, vol. 410 article 128208
21. Jabeen K., Su L., Li J., Yang D., Tong C., Mu J., Shi H. (2017) "Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China" in Environmental Pollution vol. 221, pp 141-149
22. Andrady A. L. (2011) "Microplastics in the marine environment" vol. 62, issue 8, pp 1596-1605
23. Erceg M., Tutman P., Bojanić Varezić D., Bobanović A. (2020) "Karakterizacija mikroplastike u sedimentu plaže Prapratno" Kem. Ind. 69 (5-6), pp 253-260

24. Isobe A., Kubo K., Tamura Y., Kako S., Nakashima E., Fujii N. (2014) "Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters" in *Marine Pollution Bulletin* vol. 89, issues 1-2, pp 324-330
25. Miller M. E., Hamann M., Kroon F. J. (2020) "Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data" in *PLoS One* vol. 15, 10
26. Palatinus A., Kovač Viršek M., Kaberi E. (2015) "DeFishGear protocols for sea surface and beach sediment sampling and sample analysis"
27. Lim E. V., Nilamani N., Razalli N. M., Zhang S., Li H., Haron M. L., Abdullah A. L., Yasin Z., Zanuri N. M., Tan Shau Hwai A. (2023) "Abundance and Distribution of Macro- and Mesoplastic Debris on Selected Beaches in the Northern Strait of Malacca" in *Journal of Marine Science and Engineering (J. Mar. Sci. Eng.)* 11 (5), 1057
28. Travel Croatia Live (<https://travelcroatia.live/listing/plaza-zdrijac/>) pristupljeno: 19.01.2024.
29. Dimante-Deimantovica I., Bebrite A., Skudra M., Retike I., Viška M., Bikše J., Barone M., Prokopovica A., Svipsta S., Aigaris J. (2023) "The baseline for micro- and mesoplastic pollution in open Baltic Sea and Gulf of Riga beach" *Front. Mar. Sci., Sec. Marine Pollution* volume 10
30. Young A. M., Elliott J. A. (2016) "Characterization of microplastic and mesoplastic debris in sediments from Kamilo Beach and Kahuku Beach, Hawai'i" in *Marine Pollution Bulletin* volume 113 issues 1-2 pages 477-482
31. Bošković N., Joksimović D., Peković M., Perošević-Bajčeta A., Bajt O. (2021) "Microplastics in Surface Sediments along the Montenegrin Coast, Adriatic Sea: Types, Occurrence and Distribution" *Journal of Marine Science and Engineering (J. Mar. Sci. Eng.)* 9 (841)
32. Viličić D. (2016) "Hrvatsko botaničko društvo udruga BIOM: Stručna ekskurzija u Ninski zaljev" *Hrvatske vode* vol. 24 no. 97 pp 251-254