**Mikroplastika od zadarskog do Karinskog i Novigradskog mora**

**Microplastics from the Zadar Sea to the Karin and Novigrad Sea**

**Učenici: Angela Jovanovski, Marta Klapan, Monika Mevželj**

**Mentor: Marijana Škunca-Vrkić, prof. geografije**

**Medicinska škola Ante Kuzmanića Zadar**

**Sažetak**

Budući da posljednjih godina onečišćenje morskog okoliša mikroplastikom privlači sve veću pozornost, zanimalo nas je ima li čestica mikroplastike i u našem moru. Ispitivali smo prisutnost mikroplastike na dvije lokacije zadarskog područja, Punta Bajlo i uvala Jazine jednom mjesečno kroz veljaču i ožujak 2023. godine. Dobivene podatke usporedili smo s mjerenjima koja smo proveli u istom razdoblju na dvije lokacije u zatvorenim dijelovima mora, Karinskom i Novigradskom moru. Također nas je zanimala točnost naših podataka za fizikalno-kemijsku analizu mora koju provodimo prema GLOBE protokolima. Rezultate naših mjerenja usporedili smo s podacima Odjela za zdravstvenu ekologiju i zaštitu okoliša, Zavod za javno zdravstvo Zadar. Rezultati istraživanja pokazali su da ima više različitih čestica mikroplastike u Karinskom i Novigradskom moru. Mogući razlozi većeg udjela umjetnih tekstilnih vlakana je neadekvatna odvodnja, urbanizacija i turizam. Najveća količina mikroplastike na zadarskom području je u uvali Jazine vjerojatno zbog zatvorenosti uvale te većeg brodskog prometa, u odnosu na postaju Punta Bajlo. Više čestica mikroplastike ima u Karinskom nego u Novigradskom moru vjerojatno zbog zatvorenosti Karinskog mora te slabije protočnosti i izmjene voda. Podaci dobiveni provođenjem fizikalno-kemijske analize mora prema GLOBE protokolima razlikuju se od podataka Odjela za zdravstvenu ekologiju i zaštitu okoliša što smo i očekivali. Najveće odstupanje smo primijetili kod ispitivanja električne vodljivosti vjerojatno zbog uređaja kojeg koristimo, čija je maksimalna mjerna vrijednost 2000 µS/cm.

**Summary**

Since the pollution of the marine environment by microplastics has attracted increasing attention in recent years, we were interested in whether there are microplastic particles in our sea as well. We examined the presence of microplastics at two locations in the Zadar area, Punta Bajlo and Jazine bay once a month through February and March 2023. We compared the obtained data with the measurements we carried out in the same period at two locations in closed parts of the sea, the Karin and Novigrad seas. We were also interested in the accuracy of our data for the physical-chemical analysis of the sea, which we perform according to GLOBE protocols. We compared the results of our measurements with the data of the Department for Health Ecology and Environmental Protection, Institute of Public Health Zadar. The research results showed that there are more different microplastic particles in the Karin and Novigrad seas. Possible reasons for the higher proportion of artificial textile fibers are inadequate drainage, urbanization and tourism. The largest amount of microplastics in the Zadar area is in the Jazine bay, probably due to the closure of the bay and higher ship traffic, compared to the Punta Bajlo station. There are more microplastic particles in the Karin Sea than in the Novigrad Sea, probably due to the closedness of the Karin Sea and weaker water flow and exchange. The data obtained by carrying out the physical-chemical analysis of the sea according to GLOBE protocols differ from the data of the Department for Health Ecology and Environmental Protection, which is what we expected. We noticed the biggest deviation during the electrical conductivity test, probably due to the device we use, whose maximum measurement value is 2000 µS/cm.

**Uvod**

Plastika se zbog svoje široke uporabe može naći u gotovo svim dijelovima biosfere, gdje štetno utječe na različite sastavnice ekosustava, a toksični spojevi koje adsorbira prenose se kroz hranidbene lance te mogu s vremenom doći do čovjeka. Ljudi još nisu dovoljno svjesni da odlaganjem plastike u okoliš zapravo na kraju narušavaju svoje zdravlje. Većina otpada koji se pronađe u prirodi, pa tako i plastika, ulazi u neprestani kružni tok. Nakon što završi u prirodi, plastika podliježe različitim procesima degradacije te dolazi do njezinog usitnjavanja, čime nastaje mikroplastika koju organizmi poput riba unose u prehrambeni lanac i koja u konačnici može završiti u tijelu čovjeka. Mikroplastika je vrlo štetan oblik plastike i zbog svojih toksičnih svojstava narušava zdravlje živih organizama [1].

Posljednjih godina onečišćenje morskog okoliša mikroplastikom privlači sve veću pozornost. Makroplastika i mikroplastika glavne su komponente morskog otpada – one zauzimaju oko 60 – 80 %, u nekim područjima čak do 95 % [1]. Voda koja se svakodnevno upotrebljava, kako u kućanstvu tako i u industrijskim postrojenjima, nakon upotrebe, kanalizacijskim sustavom odvodi se na pročišćavanje i vraća u prirodni okoliš. Male dimenzije mikroplastike omogućuju lagani prolaz kroz filtre pri pročišćavanju otpadnih voda te ona završava u rijekama, a kasnije i u morima. Gotovo da je nemoguće ukloniti mikroplastiku iz vodenih sustava, a da se ne poremeti funkcioniranje ekosustava, jer se postupcima poput vađenja mikroplastike pomoću mreža istodobno uklanjaju plankton i ostali mikroorganizmi. Prema količini i zastupljenosti plastičnog otpada, Jadransko more je najonečišćenije u Europi nakon sjeveroistočnog dijela Sredozemnog i Keltskog mora [1]. Otpad u more dospijeva zbog stanovništva koje živi uz obalu. Također, nastali otpad je i posljedica industrija u priobalju, kao i intenzivnog brodskog prometa te režima morskog strujanja.

Budući da smo se u listopadu 2021. godine uključili u GLOBE probni projekt istraživanja mikroplastike, koji provodi GLOBE iz Italije u suradnji sa Sveučilištem Deakin iz Australije u prosincu 2021. godine napravili smo prvu filtraciju naših uzoraka iz uvale Jazine na Zavodu za javno zdravstvo, Odjel za zdravstvenu ekologiju i zaštitu okoliša. Nakon filtracije učenici su prilikom mikroskopiranja i analiziranja prikupljenih podataka prema GLOBE probnim protokolima uočili postojanost mikroplastike. Zbog toga smo u našem istraživačkom projektu htjeli ispitati prisutnost mikroplastike u uvali Jazine te istražiti kolika je zagađenost mora na zadarskom području sa česticama mikroplastike te napraviti usporedbu podataka sa zatvorenim dijelovima mora kao što su Karinsko i Novigradsko more. Također smo odredili i različite vrste mikroplastike prema GLOBE probnom protokolu za mikroplastiku [5].

Za vjerodostojnost i točnost istraživanja, naše podatke vezano za fizikalno-kemijsku analizu mora koju provodimo prema GLOBE protokolima usporedili smo s podacima Odjela za zdravstvenu ekologiju i zaštitu okoliša, Zavod za javno zdravstvo Zadar. Zanimalo nas je jesu li naši podaci koje dobijemo prema GLOBE protokolima isti ili različiti od onih koje provodi Odjel za zdravstvenu ekologiju i zaštitu okoliša.

**Istraživačka pitanja i hipoteze**

Istraživanjem se željelo odgovoriti na sljedeća istraživačka pitanja:

1. Ima li više različitih vrsta mikroplastike na zadarskom području ili u Karinskom i Novigradskom moru?

2. Jesu li najveće količine mikroplastike na zadarskom području u uvali Jazine ili na Punti Bajlo?

3. Ima li u Karinskom moru više čestica mikroplastike nego u Novigradskom moru?

4. Razlikuju li se podaci dobiveni provođenjem fizikalno-kemijske analize mora prema GLOBE

protokolima s podacima Odjela za zaštitu okoliša i mora?

Učeničke hipoteze:

1. Na zadarskom području ima više različitih vrsta mikroplastike nego u Karinskom i

Novigradskom moru.

2. Najveća količina mikroplastike na Zadarskom području je u uvali Jazine.

3. U Karinskom moru ima više čestica mikroplastike nego u Novigradskom moru.

4. Podaci dobiveni provođenjem fizikalno-kemijske analize mora prema GLOBE protokolima

razlikuju se od podataka Odjela za zaštitu okoliša i mora.

Naše pretpostavke su da ćemo potvrditi sve naše hipoteze da na zadarskom području ima više čestica mikroplastike nego u Karinskom i Novigradskom moru, budući da je na zadarskom području veća koncentracija stanovništva i različitih djelatnosti, uključujući brodski promet. Najveća količina mikroplastike na zadarskom području je u uvali Jazine, vjerojatno zbog zatvorenosti same uvale te većeg brodskog prometa, u odnosu na druge postaje, iako se nameće i pretpostavka da bi na Punti Bajlo trebalo biti više čestica mikroplastike jer se nalazi u blizini lučko - industrijske luke Gaženica. U Karinskom moru ima više čestica mikroplastike nego u Novigradskom moru, vjerojatno jer je Karinsko more puno zatvorenije te je slabija izmjena vode.

**Metode istraživanja**

Budući da nismo imali uređaj za vakumsku filtraciju vode, 20.12. 2021. tri uzorka mora iz uvale Jazine filtrirali smo na Zavodu za javno zdravstvo. Nakon provedene filtracije učenici su mikroskopirali uzorke i odredili različite kategorije mikroplastike prema GLOBE probnim protokolima za mikroplastiku [3]. Dobivene podatke s mjerne postaje u uvali Jazine usporedili smo s mjerenjima koja smo proveli u veljači i ožujku 2023. na istoj postaji.

Istraživanje mikroplastike se provelo jednom mjesečno te je obuhvatilo razdoblje kroz veljaču i ožujak 2023. godine na dvije lokacije zadarskog područja, Punta Bajlo i uvala Jazine te na jednoj lokaciji u Karinskom moru, plaža Vrulje – Pridraga i lokaciji u Novigradskom moru, plaža Škrila – Pridraga (Slika 1). Uzorke smo profiltrirali kroz uređaj za vakumsku filtraciju prema GLOBE probnim protokolima. Kod uzorkovanja mora, prikupljeno je za svaku postaju 3 uzorka po 500 mL, što znači da je u jednom danu za sve postaje prikupljeno 6 L.

Za analizu vrsta čestica prisutnih u uzorcima morske vode korišten je vodič za prepoznavanje mikroplastike Sveučilišta Deakin iz Australije i GLOBE Italia [5]. Prema probnom protokolu postoji razlika u vrsti čestica te se izdvajaju sljedeće vrste čestica: prirodna vlakna (tekstilna vlakna -celuloza i tekstilna vlakna – vuna i životinjska vlakna), tekstilna vlakna – umjetna vlakna i čestice plastike [5].

Čestice plastike najčešće su plave, ljubičaste, crvene zelene ili žute boje, mogu poprimiti različite oblike, osobito kada su malene. Tekstilna umjetna vlakna koja koristimo svaki dan, sastavljena su od razgradivih (npr. viskoza) ili sintetičkih i nerazgradivih komponenti (npr. najlon, poliester). To su vlakna čvrstog izgleda, pravilnog promjera. Mnoga sintetička vlakna mogu izgledati gumasto ili „plastično“. Rubovi umjetnih vlakana imaju krajeve koji se ne pohabaju. Tekstilna celulozna vlakna i tekstilna vlakna životinjskog podrijetla ubrajaju se kategoriju „prirodnih vlakana“. Tekstilna celulozna vlakna također se prijavljuju, jer se u obradi tekstila obično dodaju kemikalije i plastični premazi pa mogu postati prijenosnici mikroplastike. Prepoznaju se po tome što izgledaju poput ravnih vrpci koje se nepravilno uvijaju i imaju nepravilan promjer. Većina celuloznih vlakana su plava ili ružičasto crvena, neka su bezbojna. Vlakna životinjskog podrijetla (npr. vuna, svila, alpaka, kašmir) prijavljuju se jer se tekstilnom preradom obično dodaju kemikalije i plastični premazi. Životinjska vlakna su većinom životinjska dlaka pa imaju karakterističnu strukturu ljuski na površini kao i ljudska kosa. Značajne karakteristike životinjskih vlakana su okrugli presjek, konstantan promjer po duljini, djeluju vijugavo. Boja im je najčešće plava, ružičasto-crvena, tamnoplavo-crna, zelena ili bezbojna [5].

Također smo proveli i fizikalno-kemijsku analizu mora prema GLOBE protokolima na svim mjernim postajama (Punta Bajlo, uvala Jazine, plaža Vrulje – Pridraga i plaža Škrila – Pridraga) jednom mjesečno u veljači i ožujku. Fizikalno-kemijska analiza mora obuhvatila je mjerenja temperature mora, pH - vrijednosti vode, električnu vodljivost, koncentraciju otopljenog kisika te koncentraciju nitrata i nitrita. Dobivene podatke provedene fizikalno-kemijske analize mora u ožujku na svim mjernim postajama usporedili smo s podacima Odjela za zdravstvenu ekologiju i zaštitu okoliša, Zavod za javno zdravstvo Zadar.

Slika na kojoj se prikazuje tekst, vanjski, planina

Opis je automatski generiran

Slika 1 Prikaz odabranih lokacija na geografskoj karti: Punta Bajlo, uvala Jazine (lokacije zadarskog područja), plaža Vrulje – Pridraga (lokacija u Karinskom moru) i plaža Škrila – Pridraga (lokacija u Novigradskom moru) (Izvor: <https://earth.google.com/>)

Figure 1 Selected locations on the geographic map: Punta Bajlo, Jazine bay (locations in the Zadar area) Vrulje beach - Pridraga (location in the Karin Sea) i Škrila beach - Pridraga (location in the Novigrad Sea) (Source: <https://earth.google.com/>)

**Prikaz i analiza podataka**

Podaci koje imamo za istraživanje uzoraka mikroplastike 20.12. 2021. u uvali Jazine usporedili smo sa podacima koje smo dobili mjerenjima u veljači i ožujku 2023. Podatke o količini i vrsti mikroplastike s mjernih postaja Punta Bajlo i uvala Jazine, sa zadarskog područja tablično smo usporedili s podacima s mjernih postaja plaža Vrulje – Pridraga u Karinskom moru i plaža Škrila – Pridraga u Novigradskom moru (Tablica 1).

Tablica 1 Rezultati analize čestica mikroplastike na mjernim postajama Punta Bajlo, uvala Jazine, plaža Vrulje – Pridraga (Karinsko more) i plaža Škrila – Pridraga (Novigradsko more)

Table 1 Results of the analysis of microplastic particles at the measuring stations Punta Bajlo, Jazine bay, Vrulje beach – Pridraga (Karin Sea) and Škrila beach – Pridraga (Novigrad Sea)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vrsta čestice  /datum | Punta Bajlo | | | uvala Jazine | | | | Pridraga, plaža Vrulje, Karinsko more | | | Pridraga, plaža Škrila, Novigradsko more | | |
| 27.2.  ʹ23. | 20.3.ʹ23. | Ʃ \* | 20.12.ʹ21. | 27.2.  ʹ23. | 20.3.ʹ23. | Ʃ | 27.2.  ʹ23. | 20.3.  ʹ23. | Ʃ | 27.2.ʹ23. | 20.3.  ʹ23. | Ʃ |
| Čestice  plastike | 3 | 7 | 10 | 2 | 11 | 0 | 11 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 |
| Prirodna  tekstilna  vlakna  (životinjska, celulozna) | 8 | 5 | 13 | 15 | 13 | 23 | 36 | 8 | 11 | 19 | 11 | 14 | 25 |
| Umjetna  tekstilna  vlakna | 10 | 7 | 17 | 0 | 5 | 17 | 22 | 32 | 24 | 56 | 15 | 26 | 41 |
| Ukupno | 21 | 21 | 42 | 17 | 29 | 40 | 69 | 42 | 35 | 77 | 27 | 40 | 67 |

\* Ʃ-zbroj čestica na datume 27.3. i 20.3. 2023.

Rezultati istraživanja na području postaje uvala Jazine ukazuju da je najmanje različitih čestica uočeno 20.12. 2021. (17), a najviše 20.3. 2023. (40). Najviše je prirodnih tekstilnih vlakana (51), zatim umjetnih tekstilnih vlakana (22), a najmanje je uočeno čestica plastike (14) (Tablica 1).

Nakon provedene filtracije uzoraka mora u veljači i ožujku, odredili smo različite vrste mikroplastike (Tablica 1). Na iste datume u veljači i ožujku 2023. godine ukupno je pronađeno 26 čestica plastike, od toga najviše u uvali Jazine 11 i 10 na Punti Bajlo, a najmanje na plaži Vrulje, Pridraga, gdje je pronađeno 2 čestice plastike. Prirodnih tekstilnih vlakana također na iste datume pronađeno je najviše u uvali Jazine, 36 čestica, a najmanje 13 na Punti Bajlo. Umjetnih tekstilnih vlakana pronađeno je najviše 56 čestica na plaži Vrulje, Pridraga, a najmanje na Punti Bajlo, 17 čestica.

Najviše, 77 različitih čestica pronađeno je na plaži Vrulje, Pridraga (Karinsko more), a najmanje na Punti Bajlo (zadarsko područje), 42 čestice dok je u uvali Jazine pronađeno 69 različitih čestica mikroplastike.

Na zadarskom području na Punti Bajlo i uvali Jazine sveukupno je pronađeno 111 različitih čestica mikroplastike, a u Karinskom i Novigradskom moru pronađeno je 144 različitih čestica mikroplastike.

U Karinskom moru pronađeno je 77 čestica mikroplastike, a u Novigradskom moru 67 različitih čestica mikroplastike.

Slika 2 Broj čestica različitih kategorija mikroplastike na postajama Punta Bajlo, uvala Jazine, plaža Vrulje (Karinsko more) i plaža Škrila (Novigradsko more) za veljaču i ožujak 2023. godine

Figure 2 The number of particles of different microplastics types at the stations Punta Bajlo, Jazine bay, Vrulje beach (Karin Sea) and Škrila beach (Novigrad Sea) for February and March 2023.

Na plaži Vrulje, Pridraga i Punti Bajlo prevladavaju umjetna tekstilna vlakna, dok u uvali Jazine i na plaži Škrila prevladavaju prirodna tekstilna vlakna dok su najmanje zastupljene čestice plastike na svim postajama. (Slika 2).

Tablica 2 Rezultati fizikalno-kemijske analize mora mjereni prema GLOBE protokolima na mjernim postajama Punta Bajlo, uvala Jazine, plaža Vrulje - Pridraga (Karinsko more) i plaža Škrila - Pridraga (Novigradsko more)

Table 2 Results of physical-chemical analysis of the sea measured according to GLOBE protocols at the measuring stations Punta Bajlo, Jazine bay, Vrulje beach - Pridraga (Karin Sea) and Škrila beach - Pridraga (Novigrad Sea)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mjerna postaja | Punta Bajlo | | uvala Jazine | | | Pridraga, plaža Vrulje, Karinsko more | | Pridraga, plaža Škrila, Novigradsko more | |
| 27.2.  2023. | 20.3.  2023. | 20.12.2021. | 27.2.  2023. | 20.3.  2023. | 27.2.  2023. | 20.3.  2023. | 27.2.  2023. | 20.3.  2023. |
| Temperatura mora (° C) | 12.3 | 13.3 | 13 | 13.8 | 14.8 | 11.4 | 11.8 | 11.7 | 11.7 |
| Otopljeni kisik (mg/L) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| pH | 6.8 | 7.4 | 6.8 | 6.8 | 7.2 | 7.6 | 7.6 | 6.6 | 7.2 |
| Električna vodljivost (µS/cm) | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Nitriti mg/L | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0,5 | 0.5 | 0.5 |
| Nitrati mg/L | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Temperatura mora se kreće u rasponu od 11,4°C u Karinskom moru (Pridraga, plaža Vrulje) do 14,8°C u uvali Jazine. Koncentracija otopljenog kisika na svim mjernim postajama je 10 mg/l. Vrijednosti pH kretale su se od 6,6 u Novigradskom moru (Pridraga, plaža Škrila) do 7,6 u Karinskom moru (Pridraga, plaža Vrulje). Vrijednost električne vodljivosti mjereno digitalnim mjeračem za vodljivost pokazala je maksimalnu vrijednost na svim mjernim postajama, a iznosila je 2000 µS/cm. Sadržaj nitrata kretao se od 0 mg/L do 1 mg/L, a sadržaj nitrita od 0 mg/L do 0,5 mg/L.

Tablica 3 Rezultati fizikalno-kemijske analize mora dobiveni od Zavoda za javno zdravstvo (Odjel za zdravstvenu ekologiju i zaštitu okoliša) te prema GLOBE protokolima na mjernim postajama Punta Bajlo, uvala Jazine, plaža Vrulje – Pridraga (Karinsko more) i plaža Škrila –Pridraga (Novigradsko more)

Table 3 Results of physical-chemical analysis of the sea made by the Institute of Public Health (Department for Health Ecology and Environmental Protection ) and according to GLOBE protocols at the measuring stations Punta Bajlo, Jazine bay, Vrulje beach – Pridraga (Karin Sea) and Škrila beach – Pridraga (Novigrad Sea)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mjerna postaja /pokazatelj | Punta Bajlo | | uvala Jazine | | Pridraga, plaža Vrulje, Karinsko more | | Pridraga, plaža Škrila, Novigradsko more | |
| ZJZ\* | GLOBE\*\* | ZJZ | GLOBE | ZJZ | GLOBE | ZJZ | GLOBE |
| 20.3.  2023. | 20.3.  2023. | 20.3.  2023. | 20.3.  2023. | 20.3.  2023. | 20.3.  2023. | 20.3.  2023. | 20.3.  2023. |
| Temperatura mora  (° C) | 13,1 | 13,3 | 14,8 | 14,8 | 11 | 11,8 | 11,9 | 11,7 |
| Otopljeni kisik (mg/L) | 8,33 | 10 | 7,52 | 10 | 11,6 | 10 | 11,5 | 10 |
| pH | 8,05 | 7,4 | 8,09 | 7,2 | 8,63 | 7,6 | 8,08 | 7,2 |
| Električna vodljivost (µS/cm) | 54900,0 | 2000 | 53500,0 | 2000 | 14650,0 | 2000 | 12400,0 | 2000 |
| Nitriti mg/L | 0,00248 | 0,5 | 0,00437 | 0.5 | 0,0065 | 0,5 | 0,00534 | 0,5 |
| Nitrati mg/L | 0,07998 | 1 | 0,43152 | 1 | 0,82 | 1 | 0,5056 | 1 |

\*ZJZ - podaci ispitivanja Zavoda za javno zdravstvo Zadar – Odjel za zdravstvenu ekologiju i zaštitu okoliša

\*\*GLOBE - podaci dobiveni prema GLOBE protokolima

Vrijednost dobivena za temperature mora prema GLOBE protokolima se mjerila digitalnim termometrom, a vrijednost temperature ZJZ mjerili smo alkoholnim termometrom s metalnim kućištem. Vrijednosti se razlikuju od 0,2 °C do 0,8 °C.

Koncentracija otopljenog kisika na svim mjernim postajama je 10 mg/l prema GLOBE protokolima, a prema podacima Zavoda za javno zdravstvo kreću se 7,52 mg/l u uvali Jazine do 11,6 mg/l na plaži Vrulje, Pridraga.

Rezultati vrijednosti pH na svim mjernim postajama napravljeni na Zavodu za javno zdravstvo su bili nešto veći nego oni koje smo mi dobili prema GLOBE protokolima mjereni sa pH indikatorima. Zavod za javno zdravstvo provodi mjerenje prema metodi HRN EN ISO 10523:2012\*.

Rezultati mjerenja električne vodljivosti Zavoda za javno zdravstvo iznose od 12400,0 µS/cm na plaži Škrila – Pridraga (Novigradsko more) do 54900,0 µS/cm na Punti Bajlo (zadarsko područje). Prema GLOBE protokolima na svim postajama iznosi 2000 µS/cm mjereno digitalnim mjeračem za vodljivost, te se znatno razlikuju od podataka Zavoda za javno zdravstvo.

Podaci za nitrite koje je izmjerio Zavod za javno zdravstvo kreću se od 0,00248 mg/L do 0,0065 mg/L, a vrijednosti nitrata od 0,07998 mg/L do 0,82 mg/L. Naše vrijednosti za nitrate i nitrite su nešto veći, mjereni sa indikator listićima. Vrijednost nitrita je 0,5 mg/L na svim postajama, a za nitrate na svim mjernim postajama je 1 mg/L.

**Rasprava i zaključci**

Hipoteza da na zadarskom području ima više različitih čestica mikroplastike nego u Karinskom i Novigradskom moru nije potvrđena budući da smo pretpostavili da će na zadarskom području biti više različitih čestica mikroplastike zbog veće koncentracije stanovništva i različitih djelatnosti, uključujući brodski promet. Rezultati istraživanja su pokazali da ima više različitih čestica mikroplastike u Karinskom i Novigradskom moru. Na zadarskom području na Punti Bajlo i uvali Jazine sveukupno je pronađeno 111 različitih čestica mikroplastike,a u Karinskom i Novigradskom moru pronađeno je 144 različitih čestica mikroplastike. Karinsko i Novigradsko more spojeni su Karinskim ždrilom, dužine oko 2,5 km i širine od 100 do 300 m, što ukazuje na zatvorenost Karinskog mora te slabiju protočnost i izmjenu voda.

Nakon provedene filtracije uzoraka mora u veljači i ožujku 2023. godine, odredili smo različite vrste mikroplastike (Tablica 1). Ukupno je pronađeno 26 čestica plastike, od toga najviše u uvali Jazine, 11 i 10 na Punti Bajlo, a najmanje na plaži Vrulje, Pridraga, gdje je pronađeno 2 čestice plastike. Prirodnih tekstilnih vlakana također na iste datume pronađeno je najviše u uvali Jazine, 36 čestica, a najmanje 13 na Punti Bajlo. Umjetnih tekstilnih vlakana pronađeno je najviše 56 čestica na plaži Vrulje, Pridraga, a najmanje na Punti Bajlo, 17 čestica. Mogući razlozi većeg udjela umjetnih tekstilnih vlakana su lošije riješeno vodno gospodarstvo (odvodnja), urbanizacija i turizam. Veliki problem su otpadne vode koje uglavnom ispuštaju u tlo ili izravno u obalno more bez prethodnog pročišćavanja [7]. Dva glavna izvora svih onečišćenja tekstilnih vlakana na vodenim površinama su pranje i opća upotreba. Umjetnih vlakana nema mnogo u površinskim vodama, vjerojatno zbog njihove gustoće, koja je obično veća od gustoće slane ili slatke vode. Zbog toga se umjetna vlakna češće pronalaze na rubovima mora ili plažama [5].

Najviše, 77 različitih čestica pronađeno je na plaži Vrulje, Pridraga (Karinsko more), a najmanje na Punti Bajlo, 42 čestice dok je u uvali Jazine pronađeno 69 različitih čestica mikroplastike. Time smo potvrdili našu hipotezu da na zadarskom području najviše čestica mikroplastike ima u uvali Jazine, vjerojatno zbog zatvorenosti same uvale te većeg brodskog prometa, u odnosu na postaju Punta Bajlo. Najmanje čestica uočeno u prosincu 2021. godine, a najviše u ožujku 2023 .godine. Razlog može biti nešto veći brodski promet u ožujku i sama priprema i čišćenja brodica za ljetnu sezonu.

Naše podatke iz uvale Jazine usporedili smo s podacima istraživačkog rada „Ima li mikroplastike u našem moru“, Osnovne škole Šime Budinića Zadar i Osnovne škole Valentin Klarin Preko [9]. Pri analizi uzoraka iz uvale Jazine (Zadar) u lipnju dominirale su čestice mikroplastike i tekstila, a čestice celuloze su manje zastupljene. Uzorci iz uvale Jazine analizirani u rujnu imaju više čestica celuloze i tekstila, a uzorci analizirani u prosincu imaju najviše čestica tekstila i celuloze dok su čestice mikroplastike bile manje zastupljene [9]. U usporedbi podataka za prosinac 2021. godine Osnovne škole Šime Budinića i naših podataka uočili smo da se podaci o udjelu različitih vrsta mikroplastike podudaraju. Naša analiza iz uzoraka uvale Jazine za prosinac 2021. godine pokazuje veći udio prirodnih tekstilnih vlakana od celuloze, manju zastupljenost čestica plastike dok umjetnih tekstilnih vlakna nema. Podaci za prosinac podudaraju se s podacima koje je provela Osnovna škola Šime Budinića Zadar u uvali Jazine.

Također smo potvrdili i treću hipotezu da više čestica mikroplastike ima u Karinskom nego u Novigradskom moru. U Karinskom moru pronađeno je 77 čestica mikroplastike, a u Novigradskom moru 67 različitih čestica mikroplastike. Veliki problem su otpadne vode koje se uglavnom ispuštaju u tlo ili izravno u obalno more bez prethodnog pročišćavanja.

Rezultatom fizikalno kemijske analize mora temperatura mora se kreće u rasponu od 11,4°C u Karinskom moru (Pridraga, plaža Vrulje) do 14,8°C u uvali Jazine.

Koncentracija otopljenog kisika na svim mjernim postajama je 10 mg/l. Bez dovoljne količine kisika život u vodi nije moguć za većinu biljnih i životinjskih vrsta.

Mjera kiselosti neke otopine je pH, a određuje se prema koncentraciji vodikovih iona. Vrijednosti pH kretale su se od 6,6 u Novigradskom moru (Pridraga, plaža Škrila) do 7,6 u Karinskom moru (Pridraga, plaža Vrulje).

Električna vodljivost vode je indirektna mjera za ukupnu količinu otopljenih tvari u vodi. Određivanjem konduktiviteta u uzorku vode mjerimo sposobnost provođenja struje u našem uzorku. Povećanjem primjesa u vodi povećava se električna vodljivost. Vrijednost električne vodljivosti mjereno digitalnim mjeračem za vodljivost pokazala je maksimalnu vrijednost na svim mjernim postajama, a iznosila je 2000 µS/cm. budući da se radi o moru, a morska voda ima veći udio otopljenih tvari.

Mjerenje količine nitrata je važan za određivanje kvalitete vode. Sadržaj nitrata kretao se od 0 mg/L do 1 mg/L , a sadržaj nitrita od 0 mg/L do 0,5 mg/L.

Podaci dobiveni provođenjem fizikalno-kemijske analize mora prema GLOBE protokolima razlikuju se od podataka Odjela za zdravstvenu ekologiju i zaštitu okoliša što smo i očekivali.

Vrijednost dobivena za temperature mora prema GLOBE protokolima se mjerila digitalnim termometrom, a vrijednost temperature ZJZ mjerili smo alkoholnim termometrom s metalnim kućištem. Vrijednosti se razlikuju od 0,2 °C do 0,8 °C.

Koncentracija otopljenog kisika na svim mjernim postajama je 10 mg/l prema GLOBE protokolima, a prema podacima Zavoda za javno zdravstvo kreću se 7,52 mg/l u uvali Jazine do 11,6 mg/l na plaži Vrulje, Pridraga.

Rezultati vrijednosti pH na svim mjernim postajama napravljeni na Zavodu za javno zdravstvo su bili nešto veći nego oni koje smo mi dobili prema GLOBE protokolima mjereni sa pH indikatorima. Zavod za javno zdravstvo provodi mjerenje prema metodi HRN EN ISO 10523:2012\*.

Rezultati mjerenja električne vodljivosti Zavoda za javno zdravstvo iznose od 12400,0 µS/cm na plaži Škrila – Pridraga (Novigradsko more) do 54900,0 µS/cm na Punti Bajlo (zadarsko područje). Prema GLOBE protokolima na svim postajama iznosi 2000 µS/cm mjereno digitalnim mjeračem za vodljivost, te se znatno razlikuju od podataka Zavoda za javno zdravstvo.

Podaci za nitrite koje je izmjerio Zavod za javno zdravstvo kreću se od 0,00248 mg/L do 0,0065 mg/L, a vrijednosti nitrata od 0,07998 mg/L do 0,82 mg/L. Naše vrijednosti za nitrate i nitrite su nešto veći, mjereni sa indikator listićima. Vrijednost nitrita je 0,5 mg/L na svim postajama, a za nitrate na svim mjernim postajama je 1 mg/L.

Najveće odstupanje smo primijetili kod ispitivanja električne vodljivosti vjerojatno zbog uređaja kojeg koristimo, a pokazuje maksimalnu moguću vrijednost od 2000 µS/cm i ne može očitati veću vrijednost iako GLOBE protokoli za morsku vodu predviđaju mjerenje saliniteta, a ne konduktiviteta.

Metodološka ograničenja su postojala budući da nismo imali uređaj za vakumsku filtraciju, te nismo mogli provesti više filtriranja uzoraka u dužem vremenskom razdoblju. Da bi istraživanje bilo vjerodostojnije, poželjno je imati više podataka iz različitih godišnjih doba, posebno iz ljetnih mjeseci kada je puno veća koncentracija stanovništva što smo i uočili usporedbom podataka Osnovne škole Šime Budinića Zadar. Također, naše podatke vezane za fizikalno-kemijsku analizu nismo bili u mogućnosti usporediti s podacima za veljaču nego samo s onima provedenim u ožujku.

Zahvaljujemo se Zavodu za javo zdravstvo, Odjel za zdravstvenu ekologiju i zaštitu okoliša što su nam pomogli kod prvog filtriranja naših uzoraka te za analizu mora sa četiri postaje (Punta Bajlo, uvala Jazine, plaža Vrulje, Pridraga i plaža Škrila, Pridraga) koje smo promatrali.

**Literaturni izvori**

1. Bule, K., Zadro, K., Tolić, A., Radin, E., Miloloža, M., Ocelić Bulatović, V. i Kučić Grgić, D. (2020). Mikroplastika u morskom okolišu Jadrana. Kemija u industriji, 69 (5-6, special issue), 303-310. Dostupno na: <https://doi.org/10.15255/KUI.2019.063> (pristupljeno 15.2.2023.)
2. Kovač, N. i Serdarušić, A. (2017). ONEČIŠĆENJE MORA PLASTIČNIM OTPADOM. Paragraf, 1 (1), 57-76. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/188419> (pristupljeno 15.2.2023.)
3. The GLOBE Program 2021, An Accessible MICROPLASTICS MONITORING Protocol. Dostupno na: <https://www.globe.gov/web/italy/home/news/-/newsdetail/14334/an-accessible-microplastics-monitoring-protocol> (pristupljeno15.2.2023.)
4. <https://www.zadarskazupanija.hr/images/dokumenti/5_Program_pracenja_stanja_okolisa_i_oneciscenja_otpadnim_vodama_Zz.pdf> (preuzeto 12.3.2023.)
5. Sutti i sur. <https://cloudstor.aarnet.edu.au/plus/s/FoUPa6PHtK0SOTD> (pristupljeno 31.3.2023. )
6. Matoničkin Kepčija, R. Istraživanje vode, Program GLOBE, Priručnik za mjerenja. Dostupno na: <https://drive.google.com/file/d/13LGxYsxoxapZb9Siun9lJahBMoS6epxI/view>

(pristupljeno 31.3. 2023.)

1. Zajednički plan upravljanja za područje ekološke mreže Natura 2000 Novigradsko i Karinsko more i Značajni krajobraz Kanjon Zrmanje, Zagreb, travanj, 2017. Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode na području Zadarske županije - Natura Jadera (preuzeto 31.3.2023.)
2. Europski palament: Plastični otpad u morima: činjenice, posljedice i nova pravila EU-a. Dostupno <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20181005STO15110/plasticni-otpad-u-morima-cinjenice-posljedice-i-nova-pravila-eu-a> (pristupljeno 15.4.2023.)
3. Ima li mikroplastike u našem moru, Osnovna škola Šime Budinića Zadar i Osnovna škola Valentin Klarin. Dostupno na: <https://drive.google.com/file/d/1bueZsOqqIfQUx0NRPjIflHR7YX7x05h_/view>

(pristupljeno (15.4.2023.)