

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

ZAKLJUČNA NALOGA
KOLIČINA MIKRO- IN MAKROODPADKOV NA
CENTRALNI PLAŽI PORTOROŽ

KEVIN MOZETIČ

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

Količina mikro- in makroodpadkov na Centralni plaži Portorož

(Quantity of micro- and macro-waste on Central beach of Portorož)

Ime in priimek: Kevin Mozetič
Študijski program: Biodiverziteta
Mentor: doc. dr. Jure Jugovic
Somentor: asist. Matic Jančič

Koper, avgust 2021

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Kevin MOZETIČ

Naslov zaključne naloge: Količina mikro- in makroodpadkov na Centralni plaži Portorož

Kraj: Koper

Leto: 2021

Število listov: 45

Število slik: 16

Število tabel: 6

Število referenc: 53

Mentor: doc. dr. Jure Jugovic

Somentor: asist. Matic Jančič

Ključne besede: Plastika, mikroodpadki, makroodpadki, turizem

Izvleček:

Plastika je v naše vsakodnevno življenje prišla šele po koncu druge svetovne vojne, v današnjem času pa je postala bistveni del našega življenja. V zadnjih 50. letih se proizvodnja plastike vsako leto povečuje. Zaradi velike proizvodnje, malomarnosti, nepravilnega ravnanja z odpadki in drugih razlogov je veliko plastike končalo v morju, kjer ogroža morske organizme in tudi človeka. V Sloveniji se prav tako povečuje turizem, ki vrši pritisk na okolje. Namen naloge je ugotoviti, ali je povečanje števila turistov v zadnjih letih vplivalo na povečanje količin mikro- ter makroodpadkov. Raziskovalno delo smo izvedli na turistični plaži v Portorožu, kjer smo vzorčili sediment v času turistične sezone, da bi določili količino mikroodpadkov. Na isti plaži smo na 117 m dolgemu transektu hkrati vzorčili tudi makroodpadke. Vzorčenje je potekalo enkrat mesečno od junija do oktobra 2019. Skupaj smo v vseh vzorcih sedimenta našli 1204 niti, 183 fragmentov in 12 folij. V vseh mesecih pa smo s plaže odstranili 1110,3 g kosovnih odpadkov (npr. steklo, plastika, papir, cigaretni ogorki). Nalogo smo primerjali s študijo Laglbauer in sod. (2014), ki so jo izvedli na slovenski obali v letu 2012. V primerjavi z njihovim številom smo zabeležili 5x povečanje količine mikroodpadkov, a zabeležili smo manjšo količino makroodpadkov.

Key document information

Name and SURNAME: Kevin MOZETIČ

Title of the final project paper: Quantity of micro- and macro-waste on Central beach of Portorož

Place: Koper

Year: 2021

Number of pages: 45 Number of figures: 16 Number of tables: 6

Number of references: 53

Mentor: Assist. Prof. Jure Jugovic, PhD

Co-Mentor: assist. Matic Jančič

Keywords: Plastic, micro-waste, macro-waste, tourism

Abstract:

Plastic came into our daily lives only after the end of the Second World War. In the mean time it became an essential part of our lives. For the last 50 years, plastic production has been increasing yearly. Due to high production, negligence, improper waste management and other reasons, a lot of plastic ends in the sea and oceans, where it endangers marine organisms and also humans. In Slovenia, tourism is increasing, which puts pressure on the environment. The purpose of the paper is to determine whether the increase in the tourism has an impact on increasing amount of micro and macro-waste in the environment. The research work was carried out on the tourist beach in Portorož, where sediment was sampled, throughout the tourist season to determine the amount of micro-waste in sediment. On the same beach, macro-waste were also sampled on the 117m long transect. Sampling took place monthly from June to October 2019. A total of 1204 fibers, 183 fragments, and 12 films were found in all sediment samples. Over five months we removed 1110.30 g of waste (glass, plastic, paper, cigarette butts) from the beach. This paper is compared with the study of Laglbauer et al. (2014), which was carried out in 2012 on slovenian beach. Compared to their numbers, we recorded a 5x increase in the amount of micro-waste, but we recorded a smaller amount of macro-waste.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Jure Jugovicu za pomoč pri obdelavi statističnih podatkov in za vso strokovno pomoč in svetovanje pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se somentorju asist. Matic Jančiču za pomoč pri pripravi postopka vzorčenja, pomoč pri izvedbi testne analize vzorcev in za vso strokovno pomoč ter svetovanje pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se Janu Uršiču ter Filipu Mozetiču za pomoč pri nabiranju vzorcev.

Zahvaljujem se družini za pomoč in podporo pri izdelavi diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Namen dela	4
2	MATERIALI IN METODE	5
3	REZULTATI IN DISKUSIJA.....	9
3.1	Mikroodpadki.....	9
3.2	Makroodpadki	15
3.3	Diskusija	19
3.3.1	Primerjava količine mikro in makroodpadkov na sedimentnih plažah Slovenske obale med letom 2012 in 2019	19
3.3.2	Primerjava s svetovnimi raziskavami	22
3.3.3	Precenjenost plastičnih mikrodela	26
3.3.4	Prizadevanja za omejitev uporabe plastike.....	27
4	ZAKLJUČEK	30
5	LITERATURA IN VIRI.....	31

KAZALO PREGLEDNIC

Tabela 1: Mikroplastika: skupno število in delež niti, fragmentov in folij glede na mesto vzorčenja v celotnem obdobju vzorčenja (junij – oktober).	9
Tabela 2: Povprečna vrednost in standardna deviacija preračunana na standardno enoto; število delcev / kg sedimenta, za niti, fragmente, folije ter vse delce skupaj, glede na mesto vzorčenja v celotnem obdobju vzorčenja (junij – oktober).	9
Tabela 3: Primerjava pretekle študije iz leta 2012 na Slovenski obali z našo raziskavo. ...	21
Tabela 4: Razlike v uporabljenih metodah med našo in drugimi raziskavami, ki jih komentiramo v tem delu. N – število vzorcev.	23
Tabela 5: Koncentracije mikroplastike, na različnih lokacijah z navedbo metode. Kjer so bili podatki na razpolago, so podani povprečna vrednost s standardno deviacijo ^{SD} , standardno napako ^{SE} ali razpon vrednosti.	24
Tabela 6: Povprečna vrednost in standardna deviacija preračunana na standardno enoto; število delcev / kg sedimenta, za niti, fragmente in folije glede na mesto vzorčenja v celotnem obdobju vzorčenja (junij – oktober), z upoštevanjem 88,5 % nepravilno določenih mikroodpadkov.	27

KAZALO SLIK IN GRAFIKONOV

Slika 1: Proizvodnja plastike v svetu (oranžna) in Evropi (modra) od leta 1950 do 2018....	1
Slika 2: Prikaz približnih mest vzorčenj enega seta na Centralni plaži Portorož.....	5
Slika 3: Shematski prikaz mest vzorčenj na Centralni plaži Portorož.....	6
Slika 4: Slike mikroplastike pod mikroskopom, nit (A-C), fragment (D), folija (E-F). Merilo: 0.2 mm (A, C–F) in 1 mm (B).....	7
Slika 5: Slika prikazuje število niti na posameznem vzorčnem mestu (različna obarvanost), višina stolpca pa prikazuje skupno količino niti na VM1 in VM2 znotraj posameznega meseca.	10
Slika 6: Delež obarvanosti in število vseh naštetih niti.	11
Slika 7: Delež obarvanosti in število vseh naštetih niti na vzorčnem mestu VM 1 ter VM 2.	11
Slika 8: Prikaz števila fragmentov, na vzorčnih mestih VM 1 (vzorčno mesto 1, najnižja oseka) in VM 2 (vzorčno mesto 2, najvišja plima).....	12
Slika 9: Delež obarvanosti in število vseh naštetih fragmentov.	13
Slika 10: Zastopanost vseh naštetih fragmentov glede na obrvanost.	14
Slika 11: Prikaz števila in deleža najpogostejših delcev na Centralni plaži Portorož.	15
Slika 12: Prikaz mase delcev na Centralni plaži Portorož.....	16
Slika 13: Del makroodpadkov v mesecu avgustu, z otroško žogo, ki je tehtala 133g.	17
Slika 14: Prikaz trenda prenočitev tujih turistov v občini Piran, v primerjavi z količino mikro- in makro plastike, ter maso makroplastike v obdobju od junija do oktobra 2019...	18
Slika 15: Prikaz sistema za odstranjevanje odpadkov iz morja, ki ga razvija The Ocean Cleanup.....	28
Slika 16: Plaža Versova v Mumbaju pred čistilno akcijo (levo) in po čistilni akciji (desno)	29

SEZNAM KRATIC

UV- Ultravijolično valovanje

ARSO- Agencija Republike Slovenije za okolje

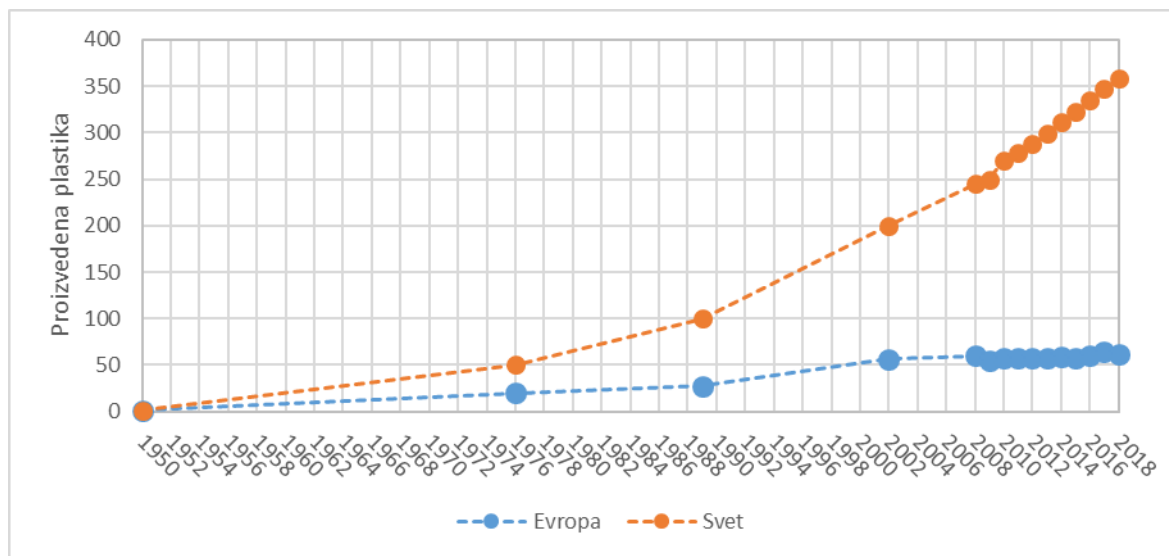
VM 1- vzorčno mesto 1

VM 2- vzorčno mesto 2

1 UVOD

Človeštvo je v letu 2016 ustvarilo 2,01 milijarde ton trdih komunalnih odpadkov (Kaza in sod. 2018). Od tega smo jih zgolj 16 % reciklirali, s kar 46 % pa naj bi ravnali ne trajnostno (Nichols in Smith 2019). Največ odpadkov ustvarijo države, katerih prebivalci imajo največje prihodke, kot so ZDA, Kanada, Japonska, Nemčija. Te države predstavljajo zgolj 16 % svetovnega prebivalstva, a ustvarijo približno 34 % svetovnih odpadkov. Po izračunih naj bi v naslednjih 30-ih letih človeštvo lahko ustvarilo 3,4 milijarde ton odpadkov letno (Kaza in sod. 2018).

V letu 2016 je plastika, ki zajema širšo skupino sintetičnih in polsintetičnih materialov (PlasticEurope 2020), predstavljala 12 % svetovnih komunalnih odpadkov (242 milijon ton). Plastika se v okolju lahko zadržuje izredno dolgo časa, če z njo ne upravljamo pravilno (Kaza in sod. 2018). Plastika je v naše vsakodnevno življenje prišla šele po koncu druge svetovne vojne, v tem času pa je postala bistveni del našega življenja. V zadnjih 50-ih letih se proizvodnja le-te vsako leto povečuje in v povprečju doživlja 8,7 % letno rast (PlasticsEurope 2013) (slika 1).



Slika 1: Proizvodnja plastike v svetu (oranžna) in Evropi (modra) od leta 1950 do 2018 (Vir: Quick Takes)

Plastika je sestavljena iz polimerov, najpogostejši tipi plastike in njihove uporabe pa so: polivinilklorid (PVC), ki se uporablja za izdelavo odtočnih cevi in plasten, polipropilen (PP), ki se uporablja pri izdelavi plasten, polietilen (PE), ki se uporablja za izdelavo plastičnih vrečk ter polistiren (PS), ki se uporablja za izdelavo skodelic iz stiropora (Science History Institute 2020). V nalogi uporabljamo termin plastika za vse naštetе skupine.

Življenjska doba plastičnih izdelkov je različna. Nekateri plastični izdelki so v uporabi zgolj za kratek čas, nekateri pa so v uporabi lahko več kot 50 let. Ko izdelek odsluži svojemu namenu, postane odpadke. V EU pa ta lahko sodi v eno izmed dveh kategorij: med ne-zbrane odpadke ali med zbrane odpadke. Zbrani odpadki se v EU naprej delijo na odpadke, ki jih recikliramo (predstavljajo 32,5 % vseh odpadkov), porabimo za energijsko proizvodnjo (42,6 %) ali jih odložimo na smetišče (24,9 %) (PlasticsEurope 2019).

Med letoma 1950 ter 2015 naj bi človeštvo skupaj proizvedlo 6300 milijonov ton plastičnih odpadkov, od tega naj bi jih kar 60 % končalo na odpadnih in v naravnih okoljih (Geyer in sod. 2017). Leta 2014 naj bi se v svetovnih morjih skupaj nahajalo 5,25 trilijonov kosov plastike, ti naj bi skupaj tehtali okoli 268 tisoč ton (Eriksen in sod. 2014). Plastika, ki se nahaja v morju, je izpostavljena abiotskim dejavnikom, in z njihovo pomočjo razpada na manjše delce. Zaradi velike raznolikosti plastičnih delcev in zaradi njenega nahajanja v različnih okoljih je hitrost razpadanja izredno raznolika, tako lahko proces razgradnje traja več sto ali več tisoč let (Barnes in sod. 2009). Denimo plastika, ki je prisotna v morju, se za razliko od plastike, ki se nahaja na kopnem, počasneje razgrajuje, saj morje deluje kot nekakšen ščit za UV žarke. Plastika na kopnem, ki take zaščite nima, je tako podvržena višjim temperaturam kot plastika v morju na isti geografski širini (Gregory in Andrady 2003). Z razpadanjem plastike se v okolje sporočajo tudi aditivi, ki so bili dodani v proizvodnem procesu. Če so ti aditivi trdne snovi, se lahko še naprej razkrajajo na manjše delce. Zgolj nekateri plastični delci zadostne velikosti, kot so PP, PE in PS se lahko razkrajajo s pomočjo biorazgradnje (Gewert in sod. 2015).

Plastične delce, večje od 5 mm, imenujemo makroplastika, delce, manjše od 5 mm, pa mikroplastika (Arthur in sod. 2009). Mikroplastiko dodatno delimo na dve podskupini: če makroplastični delci s pomočjo prej omenjenih procesov razpadejo na delce, manjše od 5 mm, jih imenujemo sekundarna mikroplastika, saj to velikost dosežejo v naravnem okolju. Če pa so plastični delci manjši od 5 mm že ob vstopu v okolje, jih imenujemo primarna mikroplastika. Primarno mikroplastiko se lahko dodaja čistilnim sredstvom ter izdelkom za osebno nego (geli za prhanje, kreme). Izvirajo pa lahko tudi iz obrabe večjih plastičnih predmetov med proizvodnjo, uporabo (obraba gum med vožnjo) ali med pranjem sintetičnega tekstila. Po nekaterih izračunih naj bi letno v svetovnih morjih končalo med 0,8 do 2,5 milijona ton takšnih delcev. Kar 98 % primarne mikroplastike pa izvira iz kopenskih virov. Glavne poti plastike v morje predstavljajo odtoki na cesti (66 %), čistilni sistemi (25 %) in veter (7 %) (Boucher in Friot 2017). V državah z dobro dodelanimi sistemi za ravnanje z odpadki je količina primarne mikroplastike, ki konča v okolju, celo večja od količine sekundarne mikroplastike z enako usodo (Boucher in Friot 2017).

Plastični delci v morskem okolju imajo različne vplive na številne organizme. Živali se lahko v plastične delce zapletejo, kar lahko povzroči fizične poškodbe (raztrganine, zoženje delov telesa, izgubo okončin, težave z dihanjem). Posledice so lahko utopitev, nezmožnost lova hrane, pobega plenilcu ali nevarnosti, ter bolezni zaradi poškodb (okužbe zaradi zapletenosti, kronična obolenja, oslabelosti, poškodbe tkiva). Zapletenost lahko povzroča tudi fiziološki stres (zaviranje potapljanja, povečan hidrodinamični upor) in zmanjšanje mobilnosti. Zaužiti plastični delci lahko poškodujejo prebavila, zmanjšajo učinkovitost absorpcije hranil in vode (povzročanje sitosti) med drugim pa lahko plastika absorbira kontaminante, ki se kopičijo v osebkju (Senko in sod. 2020). Zaužita plastika se lahko premika tudi po prehranjevalni verigi (Farrell in Nelson 2013). Zaužitje plastike je lahko namerno ali nenamerno. Veliko avtorjev je zaužitje plastike pri organizmih (ribe, ptice, želve) pripisalo prehranjevanju, saj so se v prebavilu preučevanih živali velikokrat pojavili delci podobne velikosti in obarvanosti, kar nakazuje na selektivno izbiranje pri hranjenju, oziroma na nenameren vnos delcev, ki so spominjali na plen (Carpenter in sod. 1972; Gramentz 1988; Moser in Lee 1992). Študija iz leta 1994 je primanjkovalje belih delcev, manjših od 0,5 mm, na površini oceana pripisala prehranjevanju, saj naj ne bi poznali nobenega preprostega fizičnega mehanizma, ki bi upošteval količinsko zmanjšanje belih delcev manjših velikosti, medtem ko so imeli delci ostalih obarvanosti obratno pojavnost v okolju (Shaw in Day 1994). Laist (1997) navaja, da je bilo že do leta 1997 zabeleženih 267 vrst organizmov, ki so se ulovili v ali zaužili plavajoče plastične delce. Do leta 2015 pa se je ta številka podvojila na 557 takšnih vrst (Kühn in sod. 2015).

Mikroplastika povzroča škodljive fiziološke učinke kot so poškodbe tkiva, kemična kontaminacija zaradi celičnega vnosa, lahko pa je tudi vektor za vnos patogenov v tkivo organizma. Učinki zaužitja niso nujno smrtonosni ampak naj bi zmanjšali primarno produktivnost, rast, spremembo navad hranjenja ali zmanjšali zmožnost lova (Prinz in Korez 2020). Študij, ki bi natančneje ovrednotile vpliv mikroplastike na človeka, še ni. Obstajajo pa študije, ki predvidevajo količino vnesene mikroplastike v človeški sistem, ta naj bi se gibala med 39 tisoč in med 52 tisoč delci na letni ravni. Razlike so posledica prehranjevalnih navad, starosti in spola vključenih oseb (Cox in sod. 2019). Kljub vsemu naj bi 90 % vse zaužite mikroplastike izločili z iztrebljanjem. Zgolj plastika, manjša od 150 mikrometrov (nanoplastika), lahko vstopi v človeško telo preko tankega črevesa (EFSA 2016). Med drugim so zaznali mikroplastiko v živilih, namenjenih človeški uporabi, kot so ribe (Rochman in sod. 2015), školjke (Mathalon in Hill 2014), sol (Iñiguez in sod. 2017) in v pitni vodi (Koelmans in sod. 2019).

V letu 2010 je Slovenijo obiskalo nekaj več kot dva milijona tujih turistov, zgolj osem let pozneje pa se je ta številka povzpela na 4,5 milijona. Centralna turistična plaža Portorož je ena izmed priljubljenih destinacij med slovenskimi in tujimi turisti. Leta 2019 je Piransko občino obiskalo nekaj več kot 620 tisoč turistov (tujih in domačih), zabeležili pa so nekaj manj kot 1,9 milijona nočitev (SiStat 2020). Prav zaradi povečanega obiska turistov, so julija 2012, na šestih slovenskih plažah (Debeli rtič, Jadranska, Simonov Zaliv, Bele Skale, Portorož, Seča) izvedli študijo, v kateri so primerjali stopnjo onesnaženosti urbanizirane (turistične) in ne urbanizirane (ne turistične) plaže. To je bila prva študija, ki je podala oceno mikroplastičnega onesnaženja na slovenski obali in oceno onesnaženja z makroodpadki v povezavi s turizmom v regiji (Laglbauer et al. 2014). Leta 2017 so Korez in sod. (2019), prav tako izvedli študijo mikroplastike na slovenski obali na devetih lokacijah (Seča, Portorož, Bele Skale, Simonov zaliv, Izola, Koper, Ankaran, Debeli rtič, Jadranska). Plaže so vzorčili v dveh sezonah leta 2017, pozno pozimi (marec) in poleti v času turistične sezone (avgust). Dodatno so v študiji uporabili spektrofotometer, s katerim so želeli določiti kemijsko sestavo vizualno določenim mikrodelcem.

1.1 Namen dela

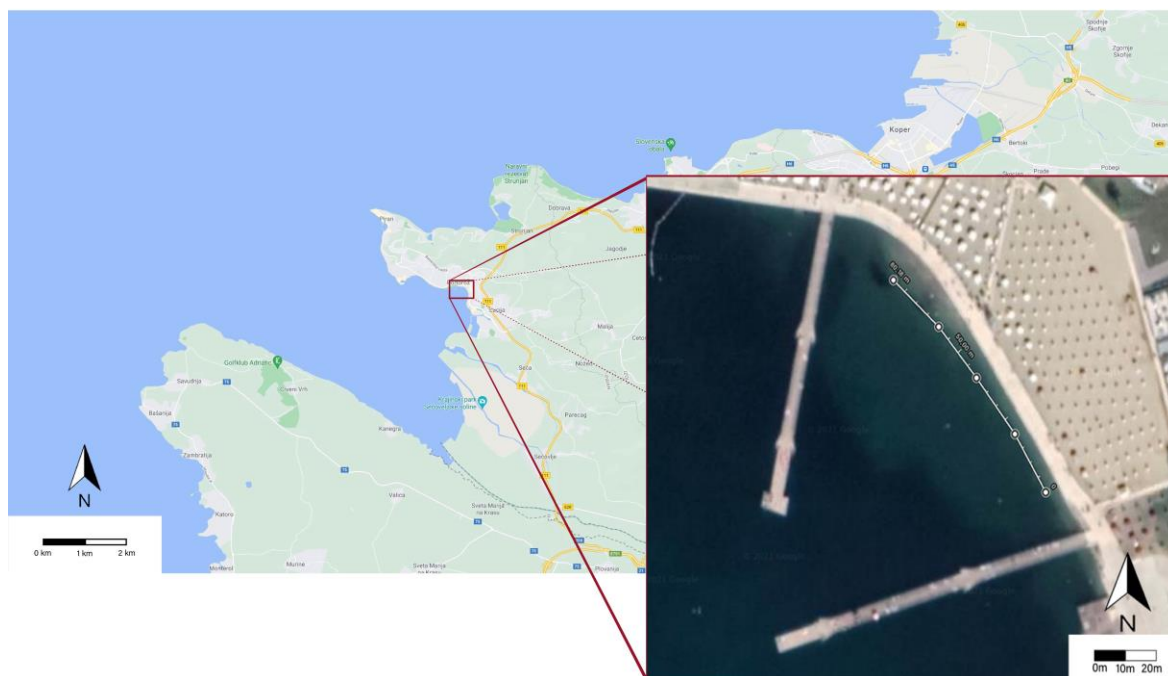
Namen te naloge je kvantificirati količino mikro- in makroodpadkov na slovenski obali pred, med in po turistični sezoni ter ovrednotiti razmerje med odpadki in številom turistov. Glavni cilj je primerjati kvantificirane količine odpadkov na slovenski obali v primerjavi s količinami iz preteklih raziskav. Centralno plažo Portorož smo izbrali zaradi njene priljubljenosti med turisti, in zaradi njene prisotnosti znotraj obeh študij, ki so se izvajali na slovenski obali v letu 2012 (Laglbauer in sod. 2014) in 2017 (Korez in sod. 2019).

Cilji naloge so:

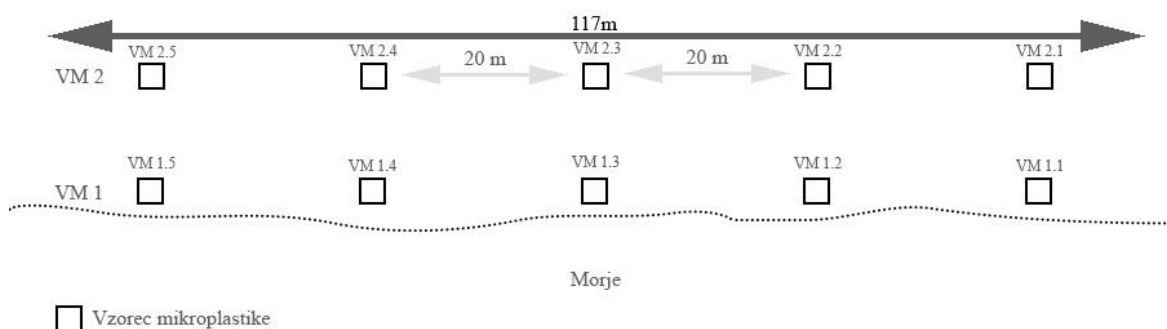
- kvantificirati količino mikroodpadkov ter makroodpadkov na sedimentni morski obali in njeno variabilnost tekom turistične sezone,
- kvantificirati spremembo količine mikroodpadkov v sedimentu glede na rezultate, predstavljene v raziskavah Laglbauer in sod. (2014) in Korez in sod. (2019), za sedimentne obale v Sloveniji.

2 MATERIALI IN METODE

Vzorčenje sedimenta smo izvajali enkrat mesečno med junijem in oktobrom 2019 na Centralni plaži Portorož v času najnižje oseke (slika 2). Plimovanje smo spremljali s pomočjo prognoze plimovanja, ki jo je izdal ARSO (Ličer in sod. 2019). Vsak mesec smo vzeli 10 vzorcev mikroodpadkov. Mesta za odvzem vzorcev smo enakomerno razporedili vzdolž plaže na transektni liniji z dolžino 117 m (slika 2). Vzorčno mesto 1 (VM 1) je določila najnižja točka oseke v posameznem mesecu, vzorce pa smo označili z oznakami VM 1.1 do VM 1.5. Vzoredno smo na najvišji točki plimovanja, ki smo jo določili s pomočjo naplavin, definirali vzorčno mesto 2 (VM 2), vzorce pa označili z VM 2.1 do VM 2.5 (slika 3). Vsak vzorec se je v posameznem mesecu prilagajal naravnim razmeram, zato ni bil vedno na enakem mestu, kot vzorec iz prejšnjega meseca. Vzorec smo pridobili na površini 25x25 cm, odstranili smo 2 cm zgornje plasti sedimenta s čisto leseno žlico. Vzorce sedimenta smo skladiščili v aluminijastih posodicah, prekritih z aluminijasto folijo, da smo preprečili kontaminacijo iz zunanjih virov. Skupaj smo tako v petih mesecih od junija do oktobra iz 50 vzorcev pridobili po pet mesečnih vzorcev za višino najnižje oseke in višino najvišje plime.



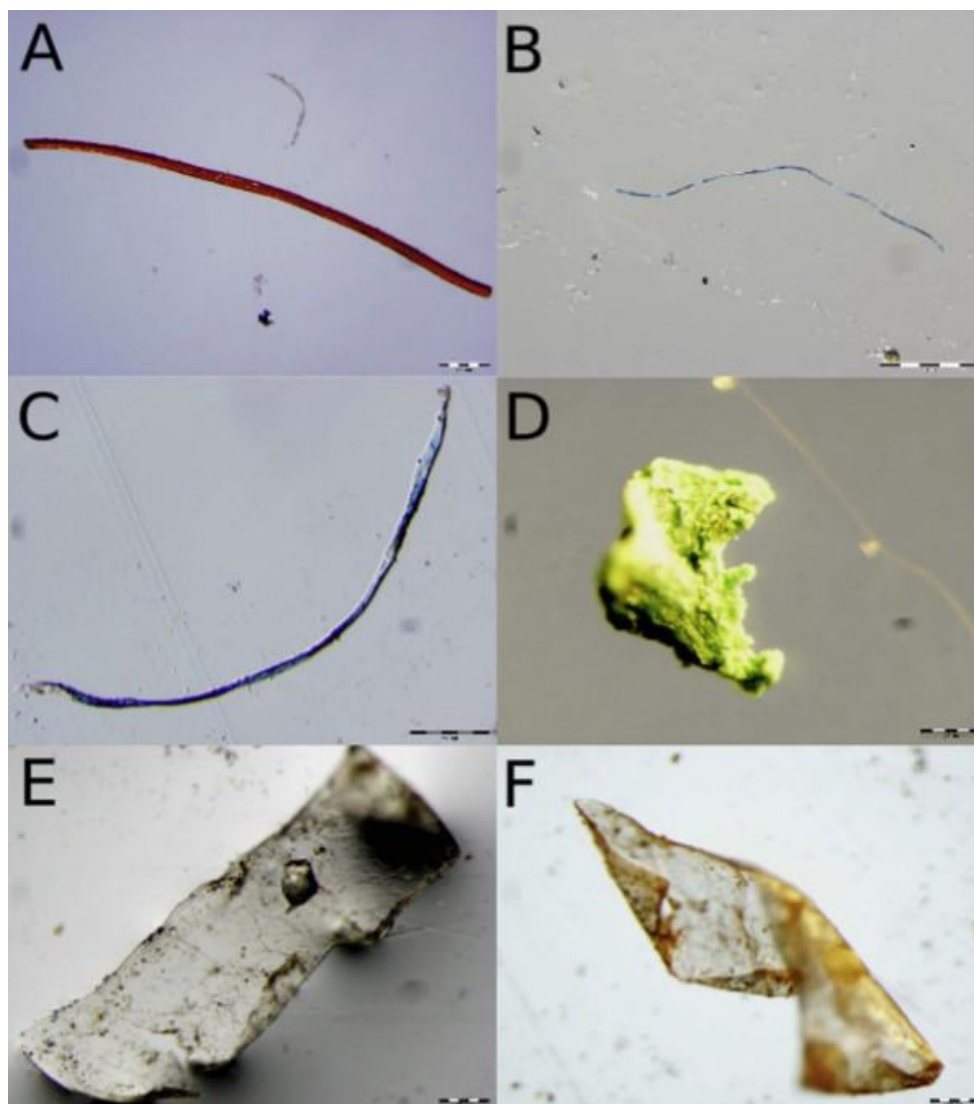
Slika 2: Prikaz približnih mest vzorčenja enega seta na Centralni plaži Portorož (vir: Google zemljevidi).



Slika 3: Shematski prikaz mest vzorčenja na Centralni plaži Portorož.

Po vzorčenju mikroodpadkov smo izvedli še vzorčenje makroodpadkov, prirejeno po Cheshire in Adler (2014). Makroodpadke smo vzorčili na celotnem transektu od višine najnižje oseke in vse do višine najvišje plime. Vzorčenje sta izvajali dve osebi in je potekalo v pravokotni smeri glede na obalo. Vzorčili smo plastične in ostale delce, ki so bili večji od enega centimetra. Odpadke smo zbirali v plastično vrečko in jih po končanem vzorčenju premestili v aluminijasto posodico, kjer smo jih pustili, da se posušijo pred nadaljnjo analizo.

Vzorke sedimenta smo do analize hranili v hladilniku. Pred analizo smo jih premešali, da smo preprečili naravno usedanje mikrododelcev. Vsakemu vzorcu smo odmerili 50 g sedimenta. Za ločevanje mikrododelcev od sedimenta smo uporabili metodo ločevanja z uporabo nasičene solne raztopine (Thompson in sod. 2004; Laglbauer in sod. 2014). Uporabili smo kameno sol, saj bi z morskno soljo vzorce lahko kontaminirali z delci mikroplastike. Nastalo mešanico smo mešali 2 minuti s stekleno palčko. Raztopino smo nato pustili mirovati 15 minut, da so se gostejši delci posedli na dno. Nastali supernatant smo prefiltrirali skozi filter iz mikrovlaknen z velikostjo por 250 μm . Ko se je supernatant prefiltriral, smo vzorcu sedimenta še enkrat dodali 250 ml nasičene solne raztopine ter ponovili postopek mešanja in filtracije. Nato smo filter prestavili na petrijevko in ga pod lupo pregledali. Delce smo uvrstili med mikroodpadke, če je bila njihova najdaljša stranica krajša ali enaka 5 mm (Arthur in sod. 2009). Dobljene mikroodpadke smo ločili na niti, fragmente in folije (Claessens in sod. 2011) (slika 4). Te smo naprej ločili glede na obarvanost. Za vsako vzorčno mesto smo količino mikroplastike preračunali na standardno enoto; število delcev na kilogram sedimenta (mokra masa) – N / kg . Izračunali smo povprečja s pripadajočimi standardnimi deviacijami.



Slika 4: Slike mikroplastike pod mikroskopom, nit (A-C), fragment (D), folija (E-F). Merilo: 0.2 mm (A, C–F) in 1 mm (B). (vir: Laglbauer in sod. 2014).

Makroodpadke smo ravno tako razdelili v večje skupine, kot so steklo, keramika, plastika, papir, blago, kovina, zdravniški predmeti, spužve, cigaretni ogorki ter fuge. Ker so bili odpadki umazani (predvsem s peskom), smo jih očistili, da ne bi prišlo do napak pri tehtanju. Odpadke, kot so steklo, plastika in ostale trše predmete smo oprali z vodo. Pri predmetih, kot so papir, vode nismo uporabili zaradi možnosti poškodb. Predmete smo pred pranjem prešteli, po pranju pa posušili in stehtali. Plastiko smo naprej delili na folije (npr. ovitki za hrano, ovitki plastenk, ovitki produktov) ter kosovne odpadke. Kosovne odpadke smo še naprej razdelili na slamice, cevke, sladoleadne žličke, otroške igrače, lasne sponke, elastične gumice, vodne balončke, posodice za hrano, kozarce, pakiranje zdravstvenih tablet, platenke ter ostale plastične delce (delce, katerim je bilo nemogoče določiti njihov izvor).

Rezultate smo analizirali s Hi-kvadrat testom z namenom primerjave skupin in sicer:

(1) Za mikroplastiko:

- ali se razlikuje število delcev (niti, fragmentov, folije) med meseci na vzorčnem mestu VM 1, VM 2 ter na obeh skupaj.
- ali se razlikuje število delcev (niti, fragmentov, folije) znotraj posameznega meseca, na posameznem vzorčnem mestu (VM 1, VM 2) ter obeh mestih skupaj.
- ali se število delcev (niti, fragmentov, folije, ter vseh delcev skupaj) razlikuje med vzorčnim mestom VM 1 ter VM 2.

(2) Za makroplastiko:

- ali se razlikuje število vseh makrodelcev med meseci.
- ali se razlikuje število makrodelcev znotraj posameznih skupin med meseci.

Za statistično značilno mejo smo določili vrednost $p < 0,05$.

Izračunali smo tudi Pearsonov koeficient korelacije za tri sledeče skupine:

- količina mikroodpadkov v primerjavi s številom nočitev,
- količina makroodpadkov v primerjavi s številom nočitev,
- masa makroodpadkov v primerjavi s številom nočitev.

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

3.1 Mikroodpadki

V vseh 50 vzorcih smo našli mikroodpadke. Niti smo našli v 50 vzorcih, v 49 smo našli fragmente, folijo pa smo zabeležili v 9. Niti so bile najbolj pogosta vrsta plastike, predstavljale so 86 % celotne količine mikroodpadkov najdenih v sedimentu, sledijo fragmenti s 13 % ter folije z manj kot enim odstotkom (tabela 1). Skupaj smo našli 1204 niti, 183 fragmentov in 12 primerov folije.

Tabela 1: Mikroplastika: skupno število in delež niti, fragmentov in folij glede na mesto vzorčenja v celotnem obdobju vzorčenja (junij – oktober).

	Niti	Fragmenti	Folije	Skupaj
Vzorčno mesto 1	676 84 %	118 15 %	9 1 %	803
Vzorčno mesto 2	528 89 %	65 11 %	3 <1 %	596

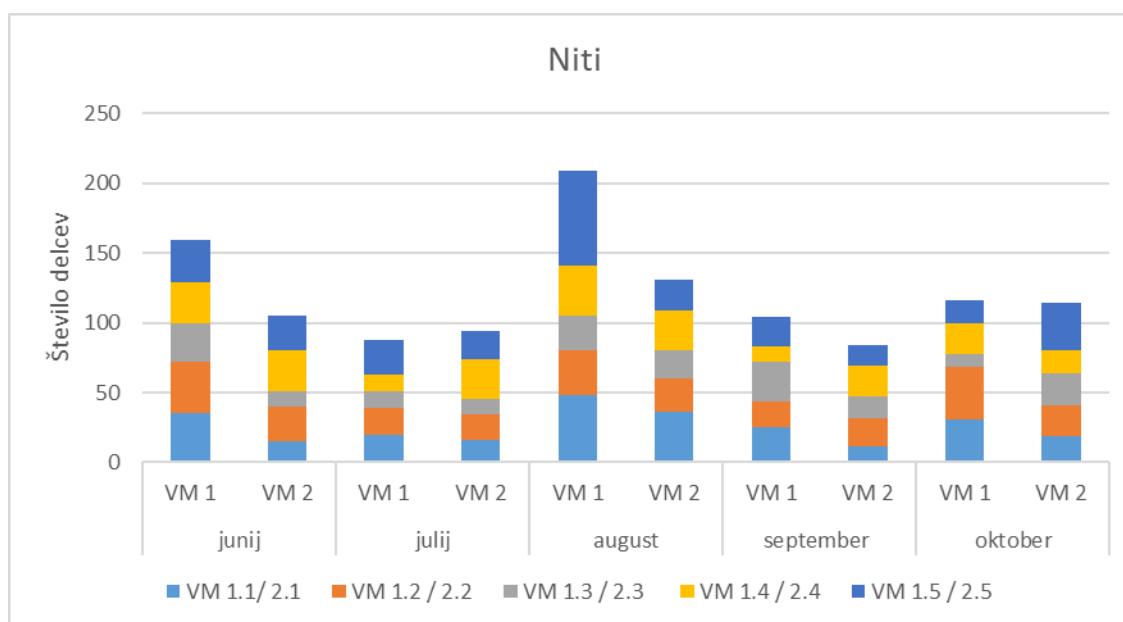
Za vsak vzorec smo izračunali količino delcev na kg sedimenta. S tem podatkom smo izračunali povprečno vrednost in standardno deviacijo za vsak mikrodelec posebej, ter za vse skupaj. Povprečna vrednost vseh mikrodelcev za celotno plažo znaša $559,6 \pm 119,35$ delcev / kg (tabela 2).

Tabela 2: Povprečna vrednost in standardna deviacija preračunana na standardno enoto; število delcev / kg sedimenta, za niti, fragmente, folije ter vse delce skupaj, glede na mesto vzorčenja v celotnem obdobju vzorčenja (junij – oktober).

	Niti	Fragmenti	Folije	Skupaj (vsi mikroodpadki)
Vzorčno mesto 1	$540,8 \pm 96,84$	$94,4 \pm 17,64$	$7,2 \pm 2,99$	$642,4 \pm 104,02$
Vzorčno mesto 2	$422,4 \pm 62,82$	$52,0 \pm 12,65$	$2,4 \pm 3,20$	$476,8 \pm 62,91$
Skupaj	$481,6 \pm 100,83$	$73,2 \pm 26,17$	$4,8 \pm 3,92$	$559,6 \pm 119,35$

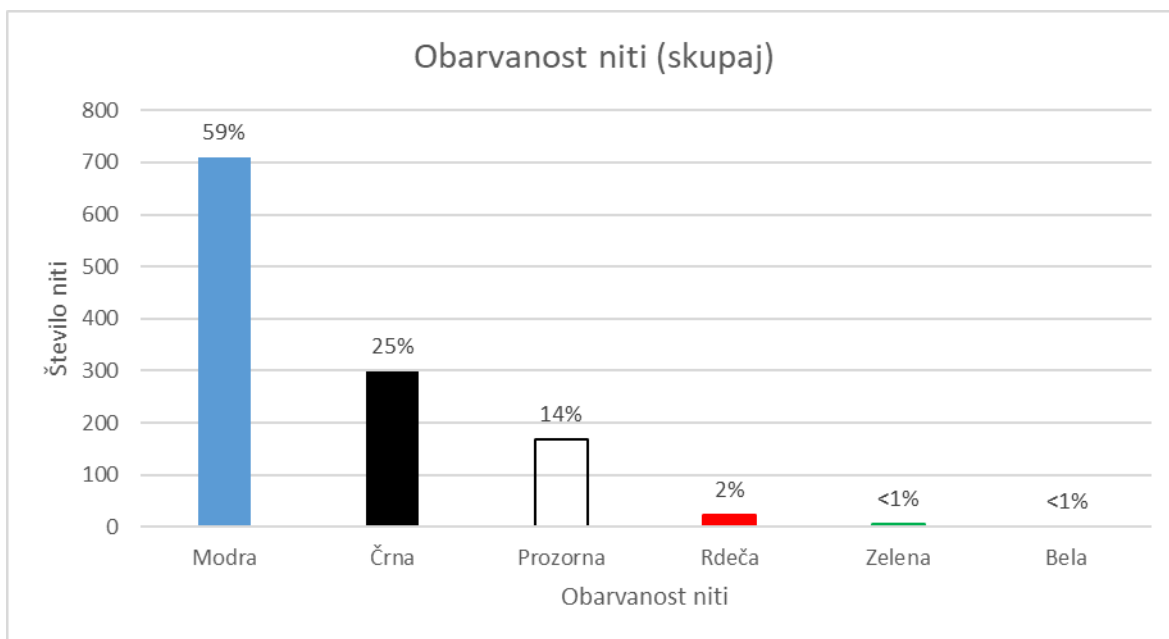
V vseh mesecih smo vedno našli največ mikrodelcev na VM 1. Natančneje, za vsak delec na VM 2 lahko v povprečju glede na naše vzorce pričakujemo 1,35 delca na VM 1. To opažanje je veljalo tako za fragmente, kot za folije, vendar ne popolnoma za niti. V mesecih junij, avgust, september in oktober smo skupno največ niti našli na VM 1, medtem ko je bil julij edini mesec, kjer smo našli na VM 1 manj niti kot na VM 2. Na VM 1 smo našli 88 delcev, na VM 2 pa 94 delcev. Najmanjšo razliko med vzorčnima mestoma smo zabeležili v oktobru, ko je bilo na vzorčnem mesu VM1 naštetih 116 delcev

na vzorčnem mesu VM 2 pa 114 delcev niti (slika 5). Mesec, ki izstopa po količini naštetih delcev niti, je avgust (slika 5). V avgustu smo skupaj našli 340 delcev, skoraj dvakrat toliko kot v juliju (182 delcev), mesecu z najmanj naštetimi delci. V avgustu je izstopalo predvsem vzorčno mesto VM 1 (slika 5). V tem mesecu smo na vzorčnem mestu VM 1.5 našli 2,82-krat več niti kot je povprečje celotne plaže. Na VM 1.1 pa smo našli dvakrat več niti.

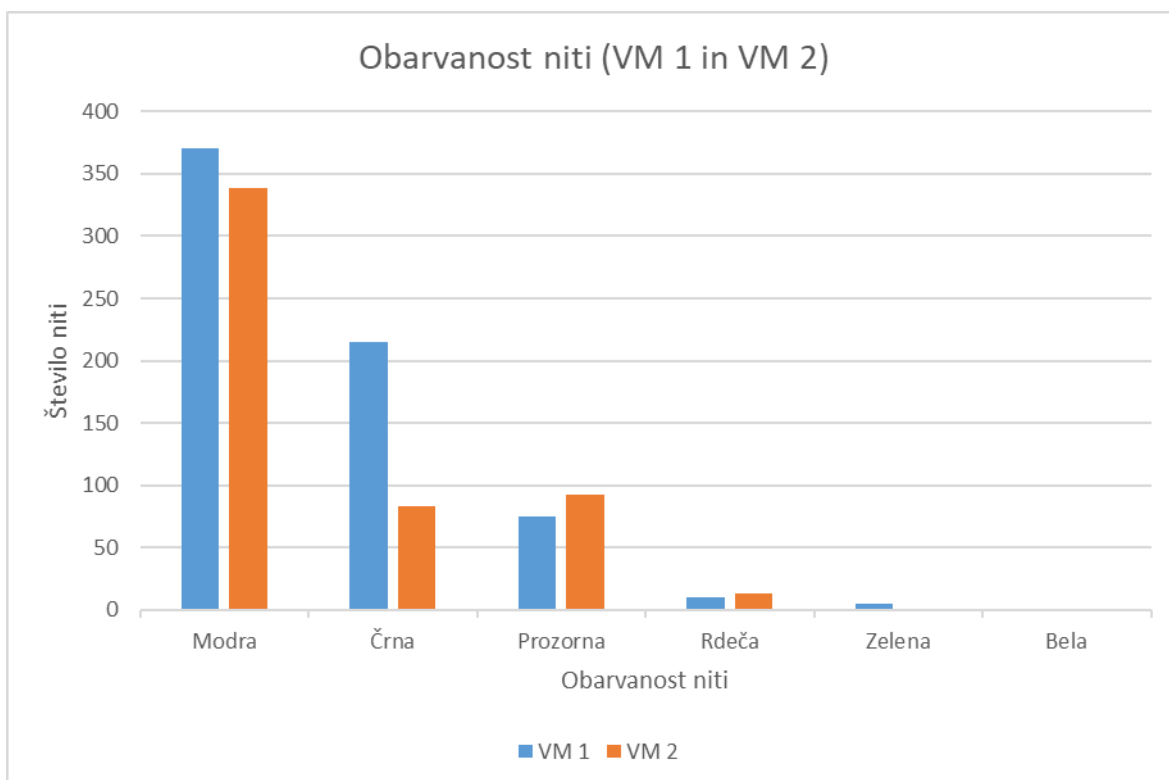


Slika 5: Število niti na posameznem vzorčnem mestu. Barve v stolpcih prikazujejo različno vzorčno mesto, višina stolpca pa prikazuje skupno količino niti na VM1 in VM2 znotraj posameznega meseca.

Na točki najnižje oseke smo skupaj našli 676 delcev niti (tabela 1). Največ delcev na točki najnižje oseke smo našli na vzorčnem mestu VM 1.5 (160 delcev), najmanj pa na VM 1.3, kjer smo našli 103 delce. Na točki najvišje plime smo skupno našli 528 delcev (tabela 1). Najmanj delcev smo našli na vzorčnem mestu VM 2.3 (80 delcev), največ pa na vzorčnem mestu VM 2.4 (125 delcev). Modra barva je bila najbolj zastopana obarvanost niti. Našli smo 709 delcev te obarvanosti, kar predstavlja 59 % vseh delcev (slika 6). Modra je bila tudi edina obarvanost, ki se je nahajala v vseh vzorcih. Modra obarvanost je predstavljala več kot polovico vseh naštetih delcev niti, tako na vzorčnem mestu VM 1, kot na vzorčnem mestu VM 2. Na območju vzorčnega mesta VM 1 smo to obarvanost zabeležili 370-krat, na vzorčnem mestu VM 2 pa smo jo zabeležili 339-krat. Omembe vredna sta še črna obarvanost z 298 delci in 25 % deležem, ter 167 prozornih delcev s 14 % deležem (slika 6). Črna obarvanost je bila druga najbolj zastopana obarvanost na VM 1 s 215 delcev, a se je njena zastopanost na vzorčnem mestu VM 2 znižala za polovico na 92 delcev. Prozorne delce smo na vzorčnem mestu VM 1 našli 75 krat, na VM 2 pa 92 krat (slika 7).

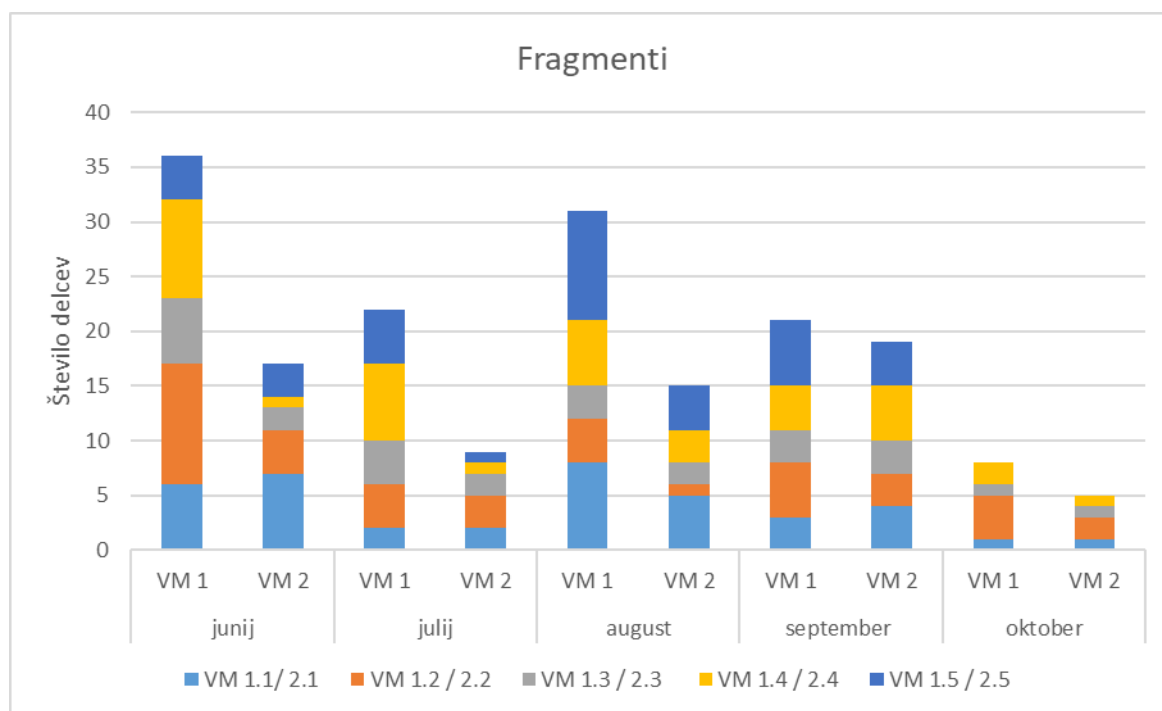


Slika 6: Delež obarvanosti in število vseh naštetih niti.



Slika 7: Delež obarvanosti in število vseh naštetih niti na vzorčnem mestu VM 1 ter VM 2.

Podobno pojavljanje smo zabeležili tudi pri fragmentih. Prav tako smo zabeležili najvišjo koncentracijo fragmentov na točki najnižje oseke (VM 1), kjer smo skupaj našli 117 delcev. Na vzorčnem mestu VM 2 pa smo našli 65 delcev (tabela 1). Izrazito razliko smo opazili med meseci junij, julij in avgust, kjer je bila količina fragmentov, najdenih na vzorčnem mestu VM 1 v omenjenih mesecih več kot dvakrat višja od količine na vzorčnem mestu VM 2. V nadaljnjih dveh mesecih je bila ta razlika manjša (slika 8).



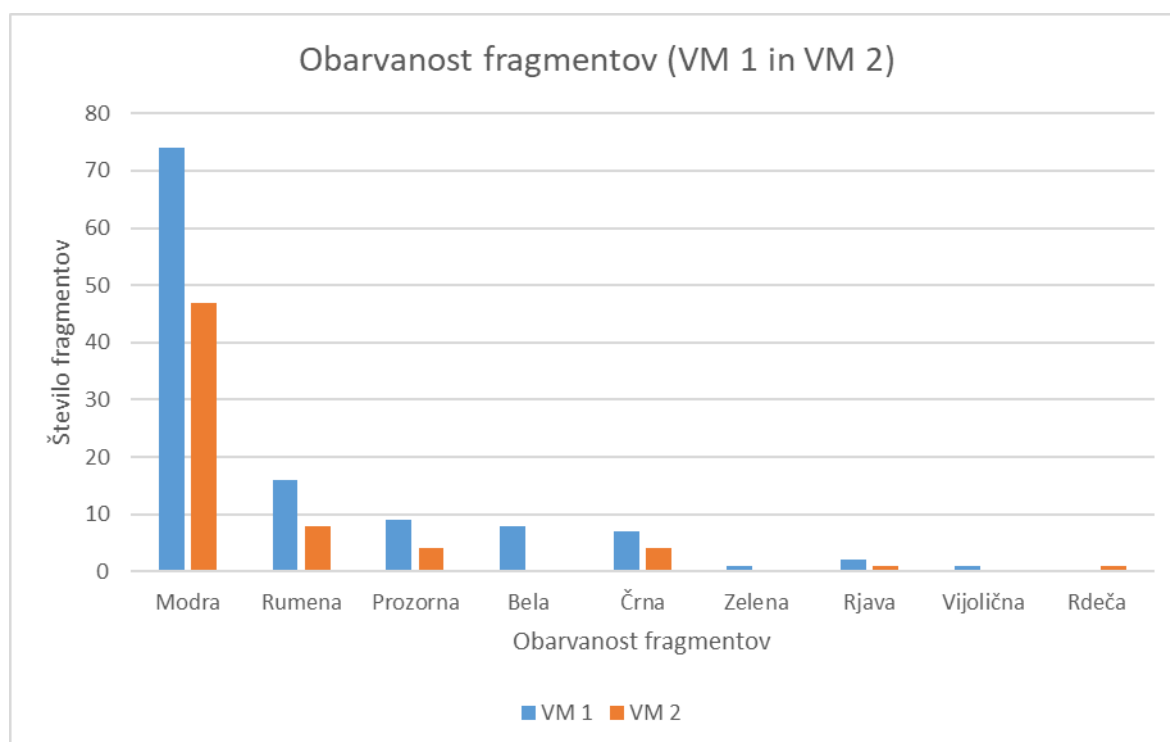
Slika 8: Prikaz števila fragmentov, na vzorčnih mestih VM 1 (vzorčno mesto 1, najnižja oseka) in VM 2 (vzorčno mesto 2, najvišja plima).

Razlike nismo opazili zgolj med vzorčnima mestoma VM 1 in VM 2, temveč tudi v količini med posameznimi meseci. Oktobra smo našli zgolj 13 delcev fragmentov, kar je bilo zdaleč najmanj. Mesec z drugo najmanjšo količino delcev je bil julij, kjer smo našli 31 delcev (9 na vzorčnem mestu VM 2 ter 22 na VM 1). Meseca z največ delci sta bila junij, ko smo našli 53 delcev (36 na VM 1 ter 17 na VM 2) in avgust, ko smo našli 46 delcev (31 na VM1 ter 15 na VM2) (slika 8).

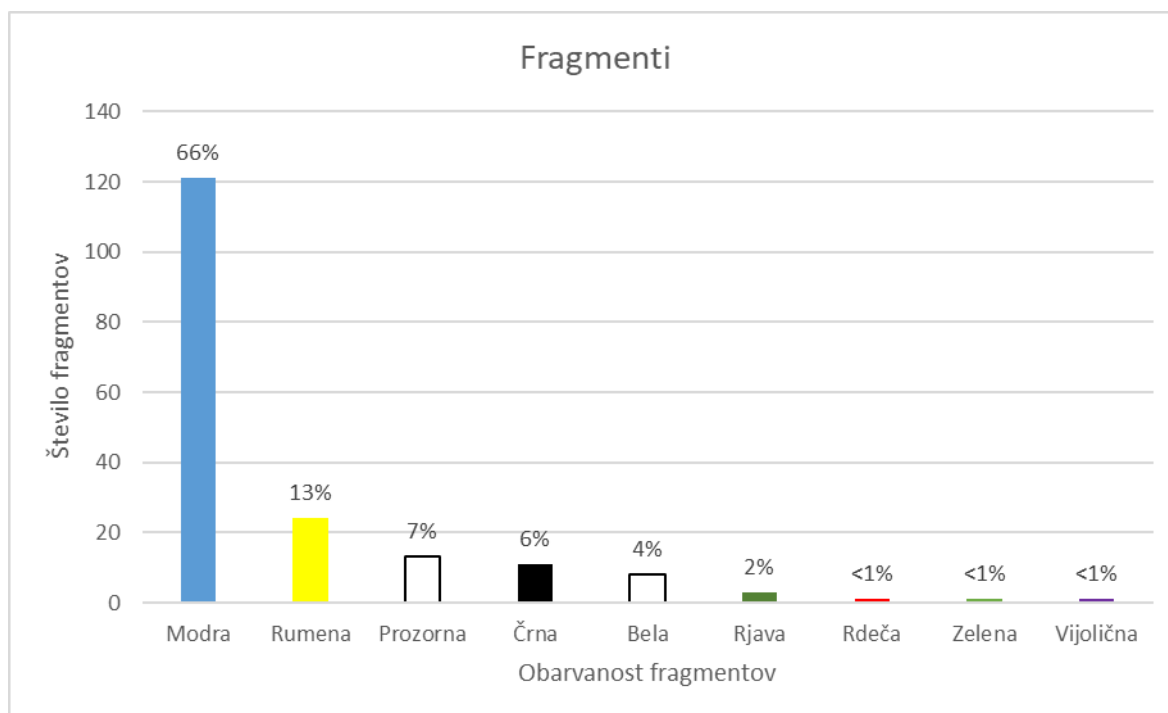
Na točki najnižje oseke smo skupaj našli 118 delcev. Izmed vseh vzorčnih mest na točki najnižje oseke smo skupno največ delcev našli na vzorčnem mestu VM 1.2 ter VM 1.4, na obeh vzorčnih mestih smo našli 28 delcev. Najmanj delcev smo našli na vzorčnem mestu VM 1.3, kjer smo našli 17 delcev. To je enako vzorčno mesto, kjer smo zabeležili najmanj niti. Na vzorčnih mestih VM 2 smo opazili manjše razlike, skupaj smo našli 65 delcev. Največ delcev smo našli na vzorčnem mestu VM 2.1 (19 delcev), najmanj pa

ponovno na istem vzorčnem mestu, kjer je bilo naštetih najmanj niti in sicer na vzorčnem mestu VM 2.3, kjer smo zabeležili 10 delcev.

Kljub temu, da je bilo niti več kot 6-krat več, so bili fragmenti bolj pestro zastopani glede obarvanosti. Pri nitih smo zabeležili 6 različnih obarvanosti (modra, črna, prozorna, rdeča, zelena, bela; naštete v količinskem vrstnem redu), pri fragmentih smo poleg prej naštetih barv dodatno zabeležili še vijolično, rjavo ter rumeno obarvanost, nismo pa zaznali rdeče obarvanosti. Tudi pri fragmentih je bila v veliki večini najbolj zastopana modra obarvanost. Na obeh vzorčnih mestih smo modro obarvanost zabeležili pri več kot polovici delcev (slika 9). Zabeležili smo 121 modro obarvanih delcev, sledi rumena s 24, prozorna s 13, črna z 11, bela z 8, rjava s 3 ter zelena in vijolična s po enim delcem (slika 10). Modra obarvanost je tudi pri fragmentih predstavljala več kot polovico vseh naštetih delcev, tako na vzorčnem mestu VM 1, kot na vzorčnem mestu VM 2. Na območju vzorčnega mesta VM 1 smo to obarvanost zabeležili 74-krat in je predstavljala 63 % vseh delcev, na vzorčnem mestu VM 2 smo jo zabeležili 47-krat in je zavzemala 72 % vseh delcev. Rumena obarvanost je bila druga najbolj zastopana obarvanost na VM 1 s 16 delci, z odstotkom manj je bila zastopana na vzorčnem mestu VM 2, kjer smo našli 8 delcev. Prozorne delce smo zabeležili 9-krat na vzorčnem mestu VM 1 ter 4-krat na VM 2. Črna je na obeh vzorčnih mestih predstavljala 6 % delež. Na vzorčnem mestu VM 1 smo jo našli 7-krat na VM 2 pa 4-krat (slika 9).



Slika 9: Delež obarvanosti in število vseh naštetih fragmentov.



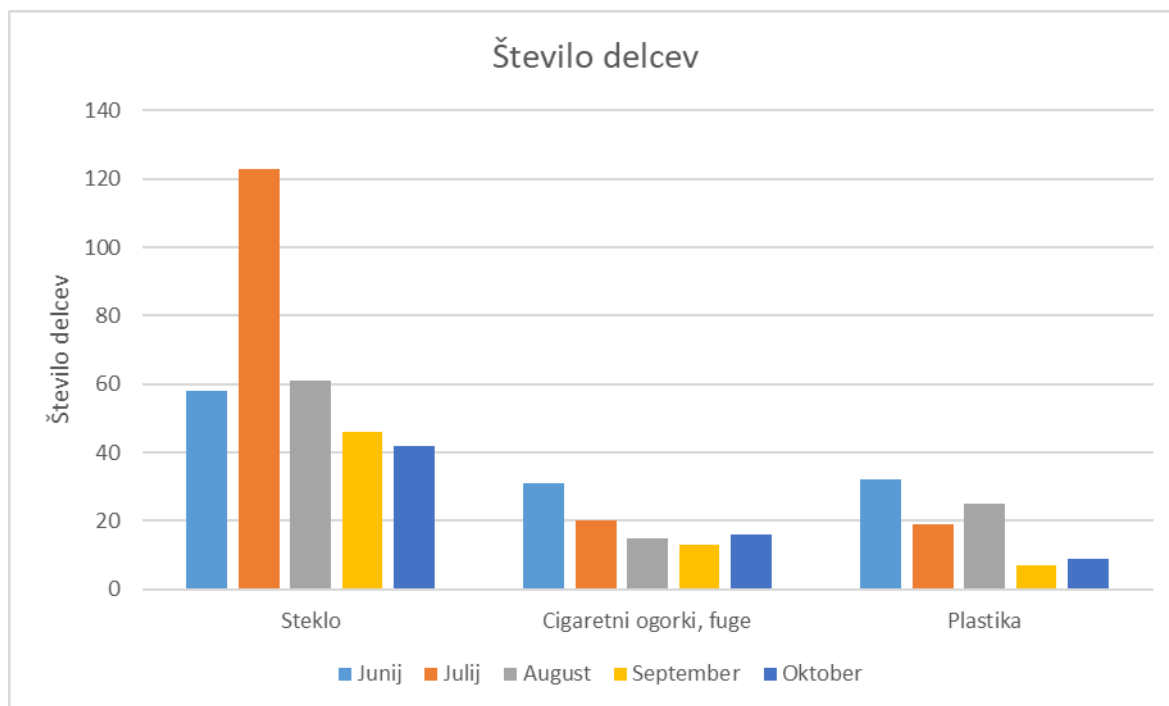
Slika 10: Zastopanost vseh naštetih fragmentov glede na obarvanost.

Od skupno naštetih 12 delcev folije smo 9 folij zabeležili na točki najnižje oseke in zgolj 3 na točki najvišje plime. Mesec z največ folijami je bil julij (6), sledijo junij (3), avgust (2), september (1) ter oktober (0). Sedem od dvanajstih naštetih delcev folije so bili prozorni, po en primerek smo zaznali modre, rumene in zelene obarvanosti. Rjava obarvanost pa se je pojavila dvakrat.

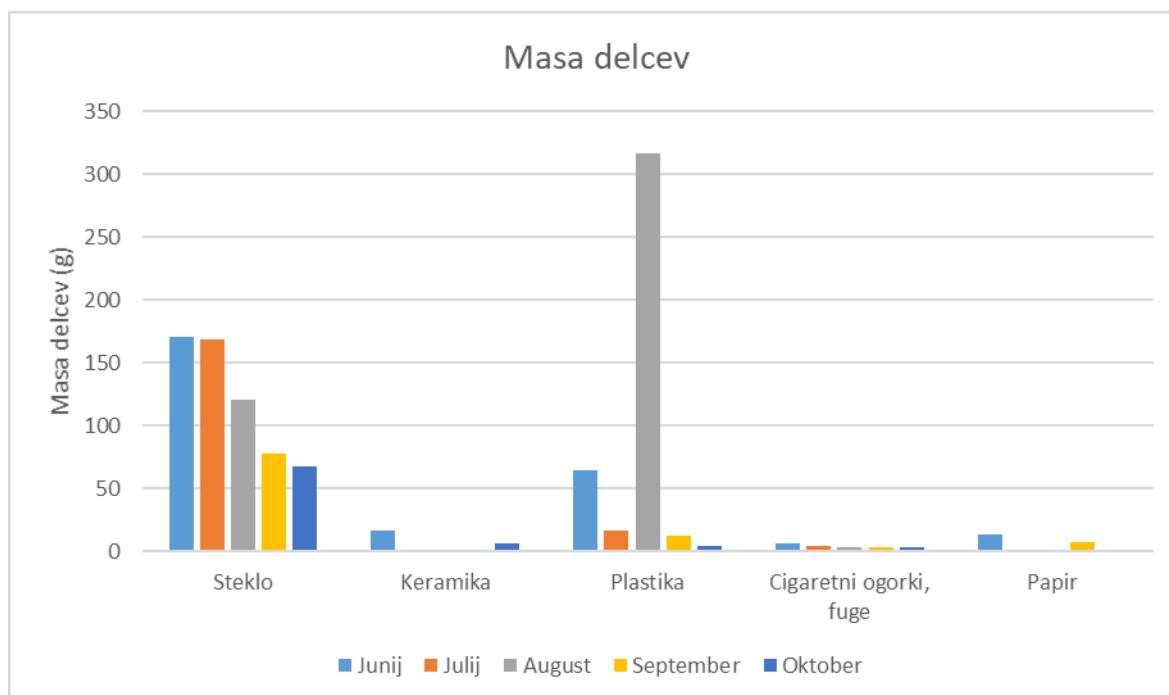
Zastopanost (število) vseh delcev mikroodpadkov se med meseci in obema vzorčnima mestoma statistično značilno razlikuje (LR = 13,6; df = 4; $p < 0,01$), zlasti na račun visokega števila delcev na višini najnižje oseke (VM1, standardizirani ostanek: SR = 1,3) ter nizkega števila delcev na višini najvišje plime (VM2; SR = -1,5) ter manjšega števila delcev v oktobru na VM1 (SR = -1,3) in višjega števila delcev v oktobru na VM2 (SR = 1,5). Prav tako se statistično značilno razlikuje zastopanost (število) niti med meseci in obema vzorčnima mestoma (LR = 13,3; df = 4; $p < 0,01$). Več kot pričakovano niti smo zabeležili v mesecu juliju na VM 2 (SR=1,6), manj kot pričakovano pa v mesecu avgustu na VM 2 (SR= -1,5). Zastopanost (število) fragmentov, pa se med meseci in obema vzorčnima mestoma statistično značilno ne razlikuje (LR = 0,5; df = 4; $p > 0,05$). Prav tako se med meseci in obema vzorčnima mestoma statistično značilno ne razlikuje zastopanost (število) folij (LR = 0,6; df = 3; $p > 0,05$). Pearsonov koeficient korelacije med količino mikrodelcev in številom nočitev turistov je pozitiven, a statistično neznačilen ($r = 0,470$; $n = 5$; $p = 0,424$).

3.2 Makroodpadki

Skupaj smo v vseh petih mesecih na plaži našli 543 različnih odpadkov, ki so skupaj tehtali 1110,3 g. Največ odpadkov po številu in teži je bilo iz stekla (slika 11, slika 12). Našli smo 330 delcev s skupno maso 606,35 g. Mesec, ki je najbolj izstopal po številu steklenih delcev, je bil julij. V tem mesecu smo našli 123 delcev, kar je dvakrat več, kot v mesecu avgustu, ki je bil mesec z drugo največjo količino stekla (61 delcev). Julij kljub velikemu številu steklenih odpadkov ni bil mesec z največjo maso teh delcev, skupna masa stekla je bila 168,73g. Mesec z največjo maso steklenih delcev je bil junij, ko smo zabeležili 58 delcev, ki so skupaj tehtali 171,0 g. Količina stekla po masi se je od meseca junija pa vse do oktobra zniževala. Količina stekla po številu delcev pa se je zniževala od julija proti oktobru. Oktober je bil mesec z najmanjšo količino stekla, tako po masi (67,9g), kot po številu delcev (42) (slika 11, slika 12).



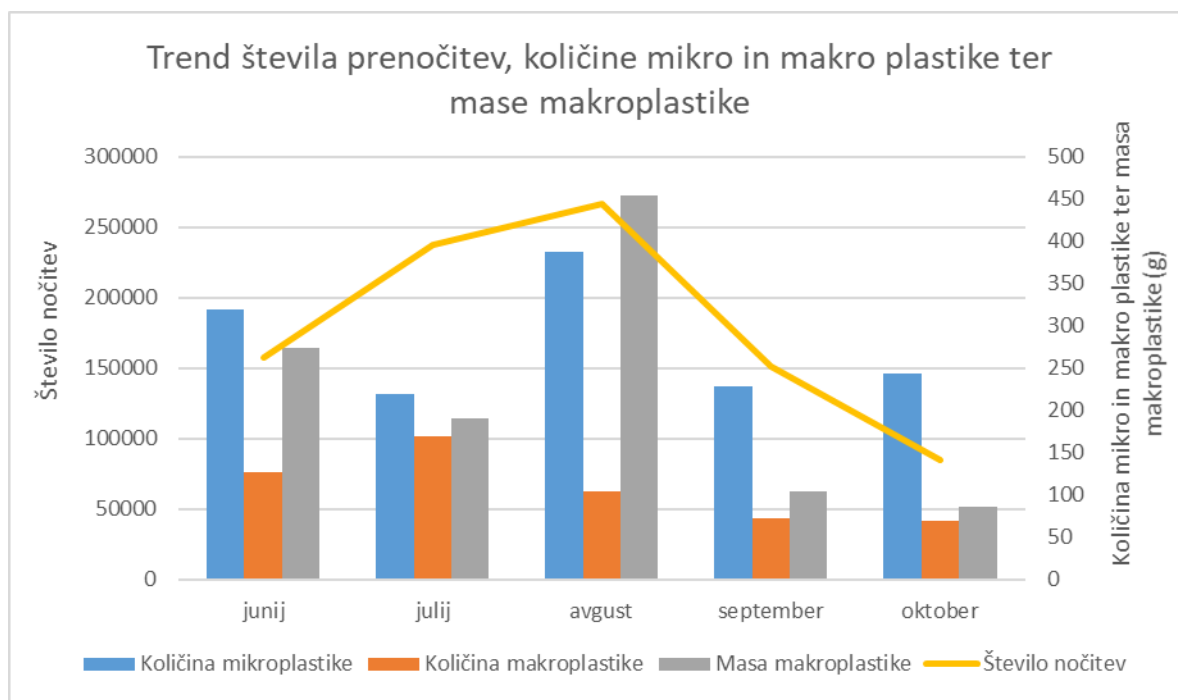
Slika 11: Prikaz števila in deleža najpogostejših delcev na Centralni plaži Portorož.



Slika 12: Prikaz mase delcev na Centralni plaži Portorož.

Po številu delcev so bili na drugem mestu cigaretne ogorki. Našteli smo jih 92, s skupno maso 21,36 g. Fug je bilo veliko manj, našli smo le tri delce s skupno maso 0,89 g. Ker je bilo fug manj, ampak služijo podobnemu namenu kot cigarete, smo cigaretne ogorki in fuge združili v skupno kategorijo za lažje ponazarjanje podatkov. Prav tako kot steklo se je tudi količina in masa cigaretne ogorki zniževala od meseca junija do septembra. Manjši porast smo ponovno zabeležili oktobra. Veliko večino cigaretne ogorki smo našli na severozahodnem predelu plaže, kjer je najbolj položna. V tem predelu se je veliko cigaretne ogorki nahajalo tudi v vodi, ki pa niso bili vključeni v študijo, saj se le ti niso nahajali na sedimentu.

Naslednja najbolj zastopana skupina so bili kosi makroplastike, našli smo 92 delcev s skupno maso 414,17 g. Izstopal je predvsem mesec avgust, ko smo zabeležili 25 delcev s skupno maso 316,19 g. Večji del mase je predstavljala otroška igrača - prozorna žoga (slika 13), napolnjena s tekočino z maso 133 g. Preostali večji del predstavljajo platenke s skupno maso 149,11 g. Nekatere platenke so še vsebovale tekočino in so bile zakopane v pesek. Platenke smo našli na istem predelu plaže, kjer smo zabeležili porast mikroodpadkov v tem mesecu. Junij je prav tako izstopal po masi plastičnih delcev. Zabeležena masa je bila 64,59 g, našli pa smo 32 delcev. V preostalih mesecih je bila masa plastičnih delcev pod 20 g ter pod 20 zabeleženih delcev. Mesec z najmanjšo količino plastike je bil september. Našteli smo 7 delcev s skupno maso 12,16 g. Oktober pa je mesec z najnižjo maso, zabeležili smo 4,74 g delcev, našli pa smo 9 delcev.



Slika 14: Prikaz trenda prenočitev tujih turistov v občini Piran, v primerjavi z količino mikro- in makro plastike, ter maso makroplastike v obdobju od junija do oktobra 2019.

3.3 Diskusija

Naloga je bila zastavljena in prirejena glede na raziskavo Laglbauer in sod. (2014). Od nje se razlikuje po povečanem številu vzorcev mikroodpadkov, razporejenih enakomerno čez celotno dolžino plaže. Vsak vzorec sedimenta smo analizirali posamično, dodatno pa smo zabeležili tudi barvo posameznega mikrodelca. Prav tako smo za makroodpadke pregledali celotno dolžino plaže, na kateri je potekalo vzorčenje mikroodpadkov.

3.3.1 Primerjava količine mikro in makroodpadkov na sedimentnih plažah Slovenske obale med letom 2012 in 2019

Laglbauer in sod. (2014) so vzorčenje izvajali v juliju leta 2012 na šestih slovenskih plažah (Debeli rtič, Jadranska, Simonov Zaliv, Bele Skale, Portorož, Seča). Od mikroodpadkov so zabeležili največ niti, ki so predstavljale 75 % vseh delcev v vzorcih sedimenta. Mi smo prav tako zabeležili največ niti, te pa so predstavljale 86 % vseh delcev. V obeh študijah so bili fragmenti drugi najbolj pogosti tip mikroodpadka. V njihovi študiji so fragmenti predstavljali 21 % delcev, v naši pa so predstavljali 13 %. V naši študiji je bilo folij izredno malo, manj kot 1 %, v njihovi pa so zavzele prav tako nizek delež, 4 % vseh delcev.

V letu 2012 so v povprečju na vseh plažah skupaj zabeležili 133,3 delcev/kg sedimenta (Laglbauer in sod. 2014). Največjo količino plastičnih delcev so zabeležili na turistični plaži Debeli rtič, kjer so zabeležili 444,4 delcev/kg sedimenta (Laglbauer in sod. 2014). V naši raziskavi je bilo to povprečje več kot štirikrat višje: povprečna količina vseh delcev skozi vse mesece je znašala 559,6 delcev/kg sedimenta. Če primerjamo zgolj mesec junij, ko se je izvajala študija leta 2012 (Laglbauer in sod. 2014), je to povprečje v naši študiji znašalo 438 delcev/kg sedimenta. V naši študiji smo največjo količino mikroodpadkov sicer zabeležili v avgustu, ko smo zabeležili 776 delcev/kg.

V naši študiji smo zaznali, da se zastopanost vseh delcev med meseci in vzorčnimi mesti statistično značilno razlikuje ($LR = 13,6$; $df = 4$; $p = <0.01$). S hi-kvadrat testom smo potrdili statistično značilno povečano količino mikroodpadkov v avgustu. Eden možnih razlogov za porast števila mikroodpadkov bi lahko bila vidna sprememba plaže na območju vzorčnega mesta VM 1.5. Tisti predel plaže je bil položnejši, predvsem pa višji. Spremembo morfologije plaže je najverjetneje povzročilo intenzivnejše delovanje morja, ki bi lahko mikrodelce iz globljih delov sedimenta dvignilo v plitvejša, delovanje morja bi lahko na obalo nanese tudi nove delce. V avgustu 2019 je Piransko občino obiskalo 93 tisoč tujih in domačih turistov, največ v celotni sezoni, ki so skupaj ustvarili 352 tisoč

nočitev. Kljub temu je linearna korelacija med številom turistov in povišano količino mikroodpadkov šibka ($r = 0,617$) in ni statistično značilna ($p = 0,268$).

Če bi turisti bili glavni vir vnosa mikroodpadkov, bi pričakovali, da bi se količina mikroodpadkov tekom turistične sezone postopoma zviševala. Količinsko pa so tako fragmenti kot niti nihali med meseci vzorčenj (slika 5, slika 8). Še najbolj se je spreminjala količina fragmentov. Njihova količina se je v oktobru drastično znižala. Mogoč razlog bi lahko bili celo turisti. V poletnih mesecih bi lahko s kopanjem ter hojo po plaži delce dvignili iz vzorčne podlage v vodno telo oziroma v nižje plasti sedimenta. V oktobru, ko ljudje plaže manj uporabljajo kot v poletnih mesecih, pa bi ti delci lahko potonili v globlje plasti sedimenta. S tem bi jih lahko spregledali, saj smo vzorčili zgolj zgornja 2 cm podlage. Ob ponovitvi študije bi lahko vsak mesec vzeli še dodatne vzorce iz globljih plasti sedimenta, kot so to storili Yu in sod. (2016). Tezo o tonjenju delcev bi potrdili, če bi v oktobru v globljih predelih sedimenta zaznali višjo količino plastičnih delcev kot v predhodnih mesecih, saj bi le ti imeli dovolj časa, da bi potonili v globlje predele. Z enako globinsko analizo bi lahko preverili tudi, ali fragmenti na območju nižje ležečega VM 1 počasneje tonejo, ker so izpostavljeni vodi dlje časa kot delci na območju VM 2. S tem bi pridobili vpogled v opažene vzorce večjega števila fragmentov na območju VM 1.

Izvor obarvanosti delcev je težje razložiti, predvsem visoko količino modrih niti in fragmentov. Nekaj prozornih niti smo klasificirali kot ribiški laks (ti delci so bili debelejši in daljši in bi jih lahko uvrstili tudi v mezoplastiko). To pa so bili tudi edini delci, ki smo jim lahko z visoko gotovostjo določili izvor in uporabo. Kot mogoč vektor vnosa mikrodelcev so lahko tudi oblačila kopalcev in bližnji senčniki, ki so izpostavljeni močnemu poletnemu soncu. Veliko senčnikov in ležalnikov je modre in rumene obarvanosti.

Laglbauer in sod. (2014) so primerjali tudi količino makroodpadkov na turističnih in ne-turističnih delih obale. Zabeležili so največ plastičnih odpadkov, ki so predstavljali 64 % vseh naštetih delcev na vseh raziskanih plažah skupaj, sledi papir z 19 % in steklo ter keramika z 11 %. V našem primeru smo našli največ steklenih odpadkov, predstavljali so 61 % vseh odpadkov, sledili so cigaretni ogorki in fuge z 18 % ter šele nato plastika s 17 %. Papir je predstavljal manj kot 1 % vseh naštetih delcev. Nasprotno pričakovanjem je bilo predvsem nizko število cigaretnih ogorkov. V študiji iz 2012 (Laglbauer in sod. 2014) so na plaži v Portorožu zgolj v juliju zabeležili 347 cigaretnih ogorkov, v naši študiji pa smo jih zabeležili samo 19. Mi smo veliko večino cigaretnih ogorkov našli na desnem predelu plaže v bližini pomola, veliko pa se jih je na tem območju nahajalo v vodnem okolju (nismo jih všteli v raziskavo). Velika razlika v količini ni bila samo pri cigaretnih ogorkih, temveč tudi pri drugih odpadkih (tabela 3). Razlika v številu cigaretnih ogorkov bi lahko bila posledica spremembe navad ljudi, ki morda cigaretnih ogorkov ne mečejo v

naravo v taki meri, kot so jih pred sedmimi leti. Potrebno je poudariti, da je portoroška plaža v času turistične sezone čiščena dnevno, kar pomeni, da so odpadki, ki smo jih našli na plaži, pustili obiskovalci v zadnjih 24-ih urah, ali jih je naplavilo morje, napihal veter ali pa so jih čistilci plaž spregledali.

Tabela 3: Primerjava pretekle študije iz leta 2012 (Laglbauer in sod. 2014) na Slovenski obali z našo raziskavo.

Delci	2012 (Laglbauer in sod. 2014) – transekt d = 50 m	2019 (ta študija) – transekt d = 117 m	2019 (ta študija) – transekt d = 50 m (izračun)
Zamaški in pokrovčki	18		
Jedilni pribor, skodelice, paličice lizik	29	3	1,28
Plastenke	8		
Slamice	8	1	0,43
Ovitki za hrano	21	5	2,14
Vrečke	1		
Igrače	5		
Ribiške vrvice, vrvica	2		
Pena	1		
Stiropor	6		
Neprepoznalni plastični delci	64		
Embalaža	1		
Cigaretne škatle	10		
Drugo	2	8	3,42
Guma	2	1	0,43
Blago	7	2	0,85
Steklo/ keramika	30	123	52,56
Papir	92		
Zdravniški predmeti	8	2	0,85
Kovina	14	4	1,71
Les	4		

Prazno polje predstavlja 0 naštetih delcev

Številčnost makroodpadkov se je v primerjavi z letom 2012 v letu 2019 znižala. V letu 2012 so zabeležili 333 različnih kosovnih odpadkov na 50 m dolgem transektu. Mi smo jih na transektu dolžine 117 m zabeležili zgolj 169, in to kljub dejstvu, da se je v kratkem času med obema raziskavama povečalo število turistov skoraj za dvakrat. Ker pa smo vzorčenje plaže izvajali le enkrat mesečno, je skoraj nemogoče z gotovostjo trditi, ali se je tudi dejansko zmanjšalo onesnaževanje plaž.

Pearsonov koeficient korelacije prikazuje zmerno linearno povezanost med količino makroodpadkov in številom nočitev turistov, ki ni statistično značilna. Količina odpadkov na plaži se seveda lahko razlikuje iz dneva v dan in se lahko v veliki meri spreminja glede na število turistov, njihove navade in učinkovitost čistilcev plaž. Vpliv imajo tudi vremenski pojavi (npr. vetrovi), ki lahko odpadke odnesejo v morje ali druge predele (Gourmelon in sod. 2015). V našem primeru se je dan pred vzorčenjem v avgustu na obali odvijala zabava. To je najverjetneje razlog, zakaj smo takrat našli večjo količino plastenk na obali, s tem pa se je povečala količina makroodpadkov (slika 12).

V naši študiji smo izmed vseh odpadkov pobrali največ stekla, tako po številu, kot po masi delcev. Količina steklenih delcev se je postopoma zmanjševala od junija do oktobra. Razlog v zmanjševanju mase skozi mesece bi lahko bil povezan z našim pobiranjem odpadkov. Steklene delce je bilo v veliki meri težje opaziti, saj so se lažje zlili z okolico v primerjavi z ostalimi odpadki. To bi lahko vplivalo na učinkovitost pobiranja teh delcev s strani obalnih delavcev, saj bi jih lažje spregledali. Stekleni delci so imeli v veliki večini zaobljene robove, kar nakazuje, da so bili v morju oziroma na obali prisotni že dlje časa. Njihova povprečna masa se je od junija proti oktobru bolj ali manj postopoma zniževala z 2,95g na 1,62g, z najnižjo povprečno maso delcev 1,37g v juliju.

3.3.2 Primerjava s svetovnimi raziskavami

Številni tuji avtorji so izpostavili problem, da ni standardizirane metode za sledenje količini mikro- in makroodpadkov, zato je primerljivost podatkov, zbranih iz različnih virov, omejena. Večina študij sledi metodi, ki jo je podal Thompson (2004), a so jo posamezne študije priredile, največkrat zaradi razlik v povezavi z vzorčenjem in količino vzorcev (tabela 4). V večini študij so mikroodpadke (mikroplastiko) od sedimenta ločili z NaCl, s pomočjo katerega so dosegli razliko v gostoti (tabela 5). Velike razlike avtorji navajajo v velikosti por filtrov, saj se je njihova velikost gibala med 0,45 μm in 355 μm (tabela 5). Prav tako so bile razlike velike v količini vzorčenega sedimenta. Nekatere študije niso podale volumna, ampak zgolj maso pridobljenega vzorca (Laglbauer in sod. 2014; Stolte in sod. 2015; Yu in sod. 2016; Lotsa in sod. 2017; Hengstmann in sod. 2018). Spet druge se niso specifično opredelile glede količine vzorca (Vianello in sod. 2013). Claessens in sod. (2011) so izvajali globinsko vzorčenje in niso specifično navedli mase celotnega vzorca. Navedli so zgolj, da so posamezen globinski vzorec razdelili na 4 enake podvzorke, ter da so za nadaljnjo analizo uporabili 1 kg mokrega sedimenta. Razlike so nastajale tudi pri pridobivanju vzorca. Večina raziskovalcev se je posluževala metode, kot smo jo uporabili v tej študiji, torej površinskega vzorčenja sedimenta. Razlike so bile v velikosti ploskve, njeni obliki in globini vzorčenja (tabela 4). Večina, ki se je posluževala enakih metod kot mi, je za določitev vzorčne površine uporabila kvadratne šablone

(Laglbauer in sod. 2014; Hengstmann in sod. 2018), zgolj na Kitajskem so uporabili okroglo šablono (Yu in sod. 2016). Pri nekaterih študijah niso uporabljali šablon (Stolte in sod. 2015; Lotsa in sod. 2017), spet drugi so uporabljali druge pripomočke, kot je Box corer (Vianello in sod. 2013). Različne so bile tudi velikostne opredelitve mikroplastike (tabela 4).

Tabela 4: Razlike v uporabljenih metodah med našo in drugimi raziskavami, ki jih komentiramo v tem delu. N – število vzorcev.

Raziskava	Enota vzorčenja	Opredelitev velikosti mikrodelcev	Globina vzorčenja	N
Ta študija	625 cm ² (1250 ml)	<5 mm	2 cm	10 ^b
Laglbauer in sod. 2014	25 cm ² (125 ml)	<5 mm	5 cm	3 ^b
Korez in sod. 2019	490 ml	<5 mm	4 cm	3 ^b
Lotsa in sod. 2017	100 g	<5 mm	5 cm	5 ^b
Vianello in sod. 2013	/	≤1 mm	0-5 cm	2 ^b
Stolte in sod. 2015	500 ml	<2 mm	1-2 cm	1 ^b
Hengstmann in sod. 2018	625 cm ² (1250–1875 ml)	<5 mm	2-3 cm	57 ^a
Claessens in sod. 2011	/	≤1 mm	/	3 ^b
Yu in sod. 2016	490 cm ² (980 ml)	<5 mm	2 cm	5 ^b

a - število vseh vzorcev

b - število vzorcev na eno lokacijo (ena izvedba vzorčenja)

Iz tabele 5 je razvidno, da so velike razlike med posameznimi območji. Največjo zabeleženo količino mikroplastike so zabeležili v Benetkah (Vianello in sod. 2013). Visoko število delcev so našli tudi nekoliko južneje v okolici Ravene na plaži Lido di Dante (Lotsa in sod. 2017). Obe lokaciji se nahajata v bližini največje italijanske reke Pad, s povprečnim pretokom 1500 m³/s in povodjem površine 74 tisoč km², na območju katerega živi več kot 20 milijonov ljudi, ki bi lahko bili vir velike količine mikroplastike. V ustju reke in morja ob bližnji obali so zabeležili 1,0-84,1 plastičnih delcev/m³ vode, v obalnem sedimentu pa 0,5–78,8 delcev/kg (Atwooda in sod. 2019). Lotsa in sod. (2017), so s številnimi zbranimi vzorci iz celotne Evrope ugotovili, da je predvsem vzhodno območje Sredozemskega morja eno najbolj onesnaženih območij. Kot razlog za visoko količino mikrodelcev so navedli zaprtost ter visoko populacijsko gostoto tega predela.

Tabela 5: Koncentracije mikroplastike, na različnih lokacijah z navedbo metode. Kjer so bili podatki na razpolago, so podani povprečna vrednost s standardno deviacijo^{SD}, standardno napako^{SE} ali razpon vrednosti.

Država	Lokacija	Analiza (raztopina, velikost filtra)	Vrednost (št. delcev/kg)	Referenca
Slovenija	Portorož	NaCl, steklena vlakna 250µm	559,6 ± 119,35 ^{SD}	Ta študija
	Več lok.	NaCl, steklena vlakna 250µm	177,8 ^P	Laglbauer in sod. 2014
	Več lok. (marec)	NaCl, 100 µm	0,5 ± 0,5 ^{SD}	Korez in sod. 2019
	Več lok. (avgust)	NaCl, 100 µm	1,0 ± 0,8 ^{SD}	Korez in sod. 2019
Italija	Sicilija	NaCl, 0,45µm	160 ± 31 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
	Lido di Dante	NaCl, 0,45µm	1512 ± 187 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
	San Mauro	NaCl, 0,45µm	84 ± 12 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
	Benetke (laguna)	NaCl, 32µm	672-2175 ^R	Vianello in sod. 2013
Španija	Denia	NaCl, 0,45µm	156 ± 29 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
	Barcelona	NaCl, 0,45µm	148 ± 23 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Francija	Cassis	NaCl, 0,45µm	124 ± 36 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
	Normadija	NaCl, 0,45µm	156 ± 29 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Turčija	Dikili	NaCl, 0,45µm	248 ± 47 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Grčija	Pilion	NaCl, 0,45µm	232 ± 93 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Izrael	Tel Aviv	NaCl, 0,45µm	168 ± 16 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Islandija	Vik	NaCl, 0,45µm	792 ± 128 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Norveška	Smøla	NaCl, 0,45µm	92 ± 21 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
	Tromsø	NaCl, 0,45µm	72 ± 24 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
	Drøbak	NaCl, 0,45µm	100 ± 21 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Portugalska	Madeira	NaCl, 0,45µm	92 ± 15 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
	Porto	NaCl, 0,45µm	140 ± 26 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Nizozemska	Rottumeroog	NaCl, 0,45µm	124 ± 27 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Litva	Klajpeda	NaCl, 0,45µm	700 ± 296 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Danska	Fyns Hoved	NaCl, 0,45µm	164 ± 21 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
	Bjergje Nord	NaCl, 0,45µm	128 ± 31 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
	Kalundborg	NaCl, 0,45µm	88 ± 33 ^{SE}	Lotsa in sod. 2017
Nemčija	Nienhagen	CaCl ₂ , 55 µm	67,69- 307,69 ^{RM}	Stolte in sod. 2015
	Wilhelmshöhe	CaCl ₂ , 55 µm	41,79- 137,47 ^{RM}	Stolte in sod. 2015
	Warnemuende	CaCl ₂ , 55 µm	99,04- 532,19 ^{RM}	Stolte in sod. 2015
	Markgrafenheide	CaCl ₂ , 55 µm	107,12- 193,41 ^{RM}	Stolte in sod. 2015
	Rugen (plima)	Elitrizacijski stolpec, 63 µm	107,3 ± 73,8 ^{SD}	Hengstmann in sod. 2018
	Rugen (oseka)	Elitrizacijski stolpec, 63 µm	93,8 ± 46,7 ^{SD}	Hengstmann in sod. 2018
Belgija	Več lok. (plima)	NaCl, 38 µm	125,7 ± 28,9 ^{SD}	Claessens in sod. 2011
	Več lok. (oseka)	NaCl, 38 µm	52,8 ± 7,1 ^{SD}	Claessens in sod. 2011
Kitajska	Bohajsko morje	NaCl, 1 µm	102,9 – 163,3 ^R	Yu in sod. 2016

Različne študije so podatke različno prikazale, nekatere so podale zgolj razpon naštetih delcev (npr. 102,9-163,3), medtem ko so druge podatke prikazale v obliki srednje vrednosti (npr. 700 ± 296). SD- standardni odklon, P- povprečna vrednost, SE- standardna napaka, R- razpon vrednosti (več vzorčnih mest na enaki lokaciji, enak čas), RM- razpon vrednosti (enaka lokacija, različen čas)

Metodološko podoben način vzorčenja kot v naši študiji so uporabili tudi v Nemčiji (Stolte in sod. 2015), kjer so vzorčili vsaka dva meseca. Na obali Warnemuende so zabeležili porast števila delcev v juliju, kjer naj bi sediment v povprečju vseboval 532,19 delcev/kg, v maju so zabeležili 134,43, v marcu pa 99,04 delcev/kg. Območje raziskave je pomembno turistično središče, ki ga predvsem v poletnih mesecih obišče do milijon ljudi letno. Kljub sovpadanju velikega števila turistov in koncentracije mikroplastike v sedimentu v tem obdobju pa Stolte in sod. (2015) poudarjajo, da je neposredno povezavo med pojavoma potrebno še dodatno raziskati ter turiste upoštevati kot možen vir vnosa mikroplastike v okolje. V naši študiji smo prav tako zabeležili največjo količino mikroplastike v avgustovskem času (776 delcev/kg), ko je slovensko obalo obiskalo največ turistov (266 tisoč).

V študiji Claessens in sod. (2011), kjer so vzorce pobrali na točki najvišje plime, na polovičnem razponu med najvišjo plimo in najnižjo oseko (bibavični pas) ter na območju, ki je vedno pod morsk gladino. So izmed treh vzorčenih plaž, zgolj na plaži Koksijde-Bad, ki je znana po velikem naravnem odlaganju peska, zabeležili, da je bilo na območju najvišje plime manj delcev, kot na območju bibavičnega pasu. Območje, ki je bilo vedno pod morsk gladino je vedno imelo najmanjše število mikrodelcev. Ugotovili so tudi, da so lahko zgornje plasti sedimenta popolnoma homogenizirane zaradi vpliva turizma (čiščenje plaž, gradnja peščenih gradov). V naši študiji smo našli skoraj vedno večjo količino mikroodpadkov na vzorčnem mestu VM 1, kot na območju VM 2, julij je bil edini mesec, kjer smo našli večjo količino mikroodpadkov na VM 2 (slika 5, slika 6). Posledica take razporeditve, bi lahko poleg turistov in posledica prej omenjene homogenizacije, bil še zid, ki je prisoten čez celotno dolžino plaže. Voda doseže zid zgolj v severnem in severovzhodnem predelu plaže, na severozahodnem predelu, kjer voda ne doseže zidu smo na vzorčnem mestu VM 2.4 ter VM 2.5 vedno našli največ mikrodelcev.

Lotsa in sod. (2017) so obarvanost razdelili v tri kategorije. V prvi kategoriji sta bili modra in črna obarvanost. Po deležu sta ti dve obarvanosti zajemali med 77,5 % ter 82,9 % vseh delcev celotne študije. Druga večja skupina so bili rdeči delci ki so predstavljali od 9,3 % do 13,6 % vseh delcev. V tretji skupini pa so še zelena, oranžna, vijolična, siva, bela in večbarvna obarvanost delcev. V naši študiji smo prav tako zabeležili največ modrih (59,4 %) in črnih (22,1 %) delcev. Skupaj sta obe obarvanosti predstavljali 81,5 % vseh delcev. V našem primeru so izstopali tudi prozorni delci, ki so zavzemali 13,4 %. Rdečo obarvanost smo zaznali zgolj pri 1,6 % delcev. Pri preostalih 3,4 % delcev smo zabeležili naslednje obarvanosti: rumeno, belo, zeleno, rjavo in vijolično.

3.3.3 Precenjenost plastičnih mikrodelcev

Številni avtorji vključno s slovenskimi so izpostavili tudi problem precenjenosti plastičnih mikrodelcev. V raziskavi, ki so jo na slovenski obali opravili leta 2017, so s pomočjo spektrometra (FTIR analiza) v marcu zgolj 7,8 % delcev določili kot plastiko, 12,2 % kot nepotrjeno plastiko, kar 77,4 % delcem pa niso uspeli podati izvora. V isti raziskavi se je v avgustu količina potrjene plastike zvišala na 14,7 %, medtem ko se je količina nepotrjene plastike znižala na 4,3 %, ob tem pa 75,0 % delcem niso uspeli določiti izvora (Korez in sod. 2019). Yu in sod. (2016) so na treh lokacijah na kitajski obali s pomočjo spektrometra zabeležili 46,3 %, 41,2 % ter 19 % neplastičnih delcev. Kar 90 % zabeleženih neplastičnih delcev so bile niti. Lotsa in sod. (2017) so izmed vseh delcev zgolj 4,5 % zabeležili kot določeno vrsto polimera, enako število delcev so zabeležili kot barvila, 42 % mikrodelcem pa niso uspeli podati izvora.

V vseh omenjenih študijah so uporabili spektrofotometrijo kot sekundarno metodo določanja mikroplastike, ki je sledila vizualni metodi (Korez in sod. 2019; Lotsa in sod. 2017; Yu in sod. 2016). Lotsa in sod. (2017) so opozorili na pomanjkljivost te metode. Izpostavili so dva problema. Problem Ramanove spektrofotometrije je fluorescenca, saj lahko jakost svetlobe zasenči ustrezne vrhove, to pa naj bi lahko bila posledica biološkega materiala iz okolja, ki se je nabral na površini delcev, lahko pa je tudi posledica aditivov. Aditivi, kot so pigmenti in barvila, lahko zamaskirajo barvni spekter polimera, ter ga je tako nemogoče primerjati z bazo podatkov. S tem pa je delec določen kot neznan (Lotsa in sod. 2017).

Kljub temu, da je velika količina mikrodelcev s pomočjo spektrofotometrije določena kot nepoznana, je iz nje razvidno, da zgolj z vizualno metodo število plastičnih delcev precenimo. Korez in sod. (2019) so na slovenski obali s pomočjo spektrofotometrije zabeležili poleg plastičnih delcev še volno (1,7 % marca; 3,4 % avgusta), kašmir (0,9 % marca; 1,7 % avgusta) ter pasjo dlako (0,9 % avgusta). S pomočjo natančnejših spektrofotometričnih analiz so Korez in sod. (2019) pokazali, da z uporabo vizualnih pripomočkov, kot smo jih uporabili v naši in študiji Laglbauer in sod. (2014), precenimo količino plastičnih delcev. Zato s pomočjo vizualnih pripomočkov ne moremo z veliko natančnostjo določiti, ali je opažen delec plastičen, in je zaradi tega potrebna velika previdnost pri interpretaciji rezultatov. Zaradi teh razlogov Korez in sod. (2019) navajajo, da so Laglbauer in sod. (2014) najverjetneje imeli okoli 88,5 % pomotoma pozitivno določenih delcev mikroplastike. Ker smo tudi mi uporabljali enako metodo kot Laglbauer in sod. (2014), smo izračunali še število mikroplastičnih delcev ob upoštevanju 88,5 % napake pri vizualni metodi štetja (tabela 6). S tem izračunom smo se želeli približati dejanskemu stanju onesnaženosti portoroške plaže, saj verjamemo, da vsak delec, ki je bil

zabeležen v študiji res ni bil nujno plastičen po izvoru. Upoštevajoč 88,5% je bilo skupaj na portoroški plaži povprečje vseh naštetih plastičnih mikrodelcev 64,35 ($\pm 13,73$), kar je nižje kot večina držav, ki smo jih navedli v tabeli 5.

Tabela 6: Povprečna vrednost in standardna deviacija preračunana na standardno enoto; število delcev / kg sedimenta, za niti, fragmente in folije glede na mesto vzorčenja v celotnem obdobju vzorčenja (junij – oktober), z upoštevanjem 88,5 % nepravilno določenih mikroodpadkov.

	Niti	Fragmenti	Folije	Skupaj (vsi mikroodpadki)
Vzorčno mesto 1	62,20 \pm 11,14	10,86 \pm 2,03	0,83 \pm 0,35	73,88 \pm 11,97
Vzorčno mesto 2	48,58 \pm 7,22	5,98 \pm 1,45	0,28 \pm 0,37	54,83 \pm 7,23
Skupaj	55,38 \pm 11,60	8,42 \pm 3,01	0,55 \pm 0,45	64,35 \pm 13,73

3.3.4 Prizadevanja za omejitev uporabe plastike

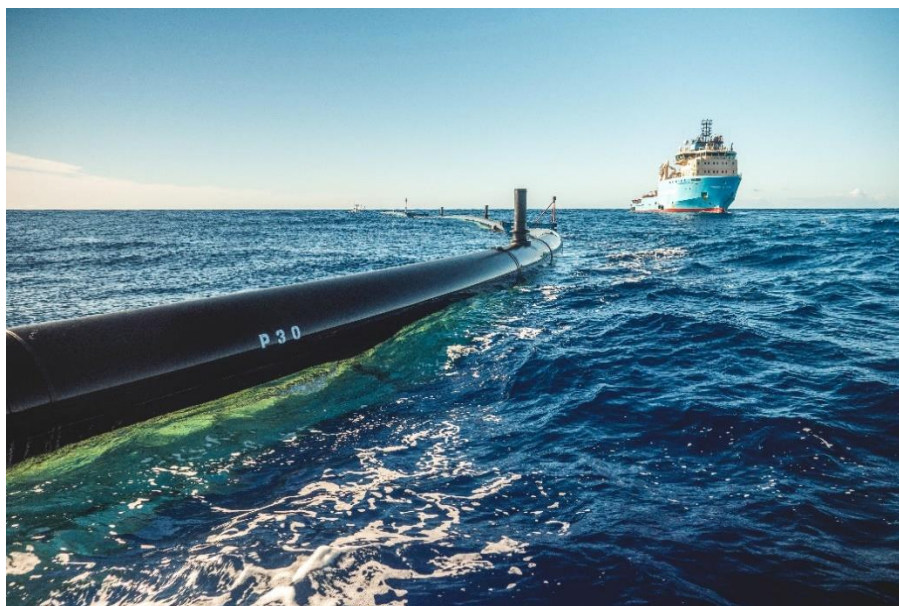
Posledice prekomerne uporabe plastike in neustreznega ravnanja z odpadki so privedli do sprejetja raznih zakonov, s katerimi bi radi preprečili ali vsaj omejili nadaljnjo slabšanje stanja v naravnem okolju in s tem ljudi in podjetja ozavestili o problematiki nadaljnje nepravilne uporabe.

EU je drugega julija 2019 sprejela direktivo o plastiki za enkratno uporabo, ki bo v polno veljavo stopila tretjega julija 2021. Direktiva narekuje prepoved prodaje plastičnih predmetov za enkratno uporabo, zmanjšanje potrošnje z ukrepi ozaveščanja, predvideva uvedbo novih zahtev za proizvodnjo plastičnih izdelkov (plastični zamaški bodo morali biti pritrjeni na plastenko z nekakšno povezavo) ter uvedbo obveze za proizvajalce za ravnanje z odpadki in čiščenje le-teh (Evropska Komisija 2021). EU želi tudi, da vse članice dosežejo 90-odstotni cilj zbiranja plastenok do leta 2029. Dodatno morajo vse platenke, proizvedene do leta 2025, vsebovati vsaj 25 % reciklirane plastike. Ta odstotek pa se bo leta 2030 zvišal na 30 % (European Parliament news 2019). Določili so tudi, da morajo biti vsi plastični proizvodi, ki vsebujejo plastiko, zasnovani tako, da omogočajo večjo vzdržljivost, ponovno uporabo in visokokakovostno reciklažo. EU bi v prihodnosti rada izboljšala zasnove proizvodov, da bi plastiko in plastične proizvode lažje reciklirali. Povečali in izboljšali bi ločevanje plastičnih odpadkov, da bi reciklažni industriji zagotovili kakovostne surovine. Povečali in posodobili naj bi zmogljivosti za sortiranje in recikliranje in oblikovali trg za reciklirano plastiko in plastiko iz obnovljivih virov (Evropska komisija 2018). S 1. januarjem 2021 je začela veljati tudi v letu 2019 sprejeta priloga Baselske konvencije, ki pojasnjuje področje uporabe plastičnih odpadkov, za katere se domneva, da so nevarni in s tem se morajo držati Uredbe o predhodnem soglasju (Prior Informed Consent Regulation; Basel Convention Plastic Waste Amendments 2021). Regulacija ureja uvoz in izvoz

nekaterih nevarnih kemikalij in nalaga obveznosti podjetjem, ki želijo te kemikalije izvoziti v države, ki niso članice EU. Namen regulacije je spodbujati skupno odgovornost in sodelovanje v mednarodni trgovini z nevarnimi kemikalijami ter varovati zdravje ljudi in okolje z zagotavljanjem informacij državam v razvoju o varnem shranjevanju, prevozu, uporabi in odstranjevanju nevarnih kemikalij (ECHA 2021).

Že v začetku leta 2018 je časopis The Telegraph poročal, da bodo na Balearskih otokih na lastno pest do leta 2020 prepovedali prodajo vse potrošniške plastike za enkratno uporabo. Razlog prepovedi je kopičenje plastike na pomembnih turističnih točkah in turističnih plažah. G. Sanso, generalni direktor tamkajšnjega regijskega okolijskega oddelka, je poudaril, da je njihovo območje okolijsko občutljivo ter imajo na voljo le omejene vire. Na njihovo gospodarstvo, ki temelji predvsem na turizmu, pa uporaba potrošniške plastike negativno vpliva (The Telegraph 2018).

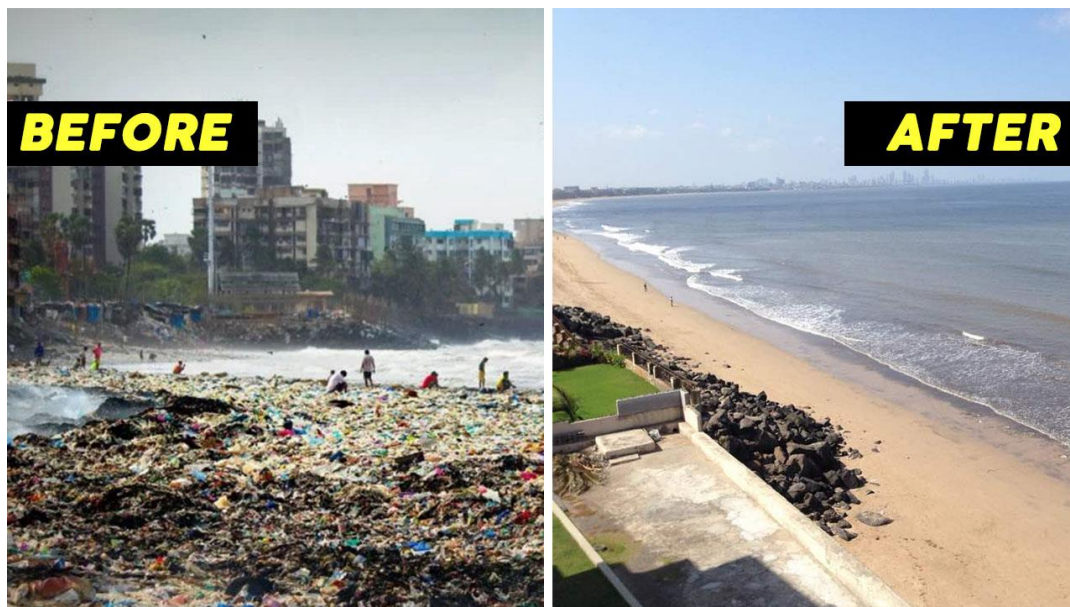
Neprofitablina organizacija The Ocean Cleanup želi veliko količino že obstoječe plastike v morju postopoma odstranjevati s sistemom, ki naj bi v popolnosti začel delovati v letu 2021. Sistem je sestavljen iz plavajoče prepreke, ki uporablja morske tokove, s katerimi bo zbiral odpadke v najbolj onesnaženih predelih svetovnih oceanov. S sistemom bi radi odstranili 90 % vse plastike iz svetovnih morij (The Ocean Cleanup 2020). Prvi uspešni test in odstranitev večje količine plastike iz Pacifika so opravili že leta 2019 (slika 15).



Slika 15: Prikaz sistema za odstranjevanje odpadkov iz morja, ki ga razvija The Ocean Cleanup. (vir: The Ocean Cleanup)

V svetu je tudi vedno večje število prostovoljcev, ki svoj čas namenjajo organiziranju in izvedbi raznih čistilnih akcij. Eden od takih primerov je bila plaža Versova v Mumbaju, ki je veljala za eno najbolj umazanih plaž na svetu (slika 16 levo). Leta 2016 je prostovoljec

Afroz Shah začel sam pobirati smeti, v nadaljnjih mesecih pa se mu je pridružilo vedno večje število prostovoljcev, ki so poleg čiščenja plaže tudi poučevali bližnje prebivalce o trajnostnih praksah ravnanja z odpadki (slika 16 desno). Celotna akcija je trajala več kot dve leti. Leta 2018 so po več kot desetletju opazili ranljivo vrsto želve *Lepidochelys olivacea* in vsaj 80 mladičev te vrste je doseglo morje (The Guardian 2018).



Slika 16: Plaža Versova v Mumbaju pred čistilno akcijo (levo) in po čistilni akciji (desno) (vir: ED Times, 2019)

4 ZAKLJUČEK

V nalogi smo pokazali, da so razlike v količini najdenih odpadkov med številnimi študijami po svetu precejšne, prav tako pa so razlike v postopkih vzorčenja in analizah podatkov. V prihodnosti bi bilo smiselno vzpostaviti enoten sistem, ki bi omogočal zanesljivo primerjanje stanja ne glede na mesto vzorčenja.

Plastika je izredno učinkovit material za marsikatero uporabo, vendar je nepravilno ravnanje z odpadki in razvajenost družbe pripeljala do velike količine odpadkov v naravnih okoljih. Odpadki, še posebej plastični, škodujejo prostoživečim organizmom in (ne)posredno tudi nam, ljudem. Prizadevanje za zmanjšanje vpliva in boljše ravnanje s plastiko po njeni uporabi se je šele dobro začelo. Države postopoma uvajajo nove zakone in smernice za ravnanje z odpadki, ki jih bo potrebno spoštovati, če želimo zmanjšati negativne posledice našega ravnanja. Kljub prizadevanju za zmanjšanje količine plastike v vsakodnevem življenju bo potrebno še veliko truda, da bodo posamezniki spoznali nevarnosti, ki pretijo ob nepravilnem ravnanju z odpadki. Zato je smiselno, da ljudi še naprej ozaveščamo o pomembnosti ločevanja in pravilnega ravnanja z odpadki in jih spodbujamo za tako ravnanje. Le tako bomo dosegli, da bo človeštvo zmanjšalo svoj negativni vpliv na okolje.

5 LITERATURA IN VIRI

Arthur, C., Baker, J., in Bamford, H. 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. National Oceanic and Atmospheric Administration: Silver Springs, MD, izbrane teme (str. 4-5).

Atwooda, E. C., Falcieric, F. M., Piehld, S., Bochowd, M., Matthiesf, M., Frankea, J., Carnielc, S., Sclavoc, M., Laforschd, C., Siegert, F. 2019. Coastal accumulation of microplastic particles emitted from the Po River, Northern Italy: Comparing remote sensing and hydrodynamic modelling with in situ sample collections. Elsevier Marine Pollution Bulletin 138, 561-574.

Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 364(1526).

Basel Convention Plastic Waste Amendments (2021)

<http://www.basel.int/Implementation/Plasticwaste/PlasticWasteAmendments/Overview/tabid/8426/Default.aspx>

(datum dostopa: 30.01.2021)

Betty J.L. Laglbauer, Franco-Santos, R. M., Andreu-Cazenave, M., Brunelli, L., Papadatou, M., Palatinus, A., Grego, M., Deprez, T. 2014. Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. Elsevier Marine Pollution Bulletin, 89(1-2), 356-366.

Boucher, J., Friot, D. 2017. Primary microplastics in the oceans: A global evaluation of sources. Gland, Švica: IUCN: izbrane teme (str. 8, 24).

Carpenter, E. J., Anderson, S. J., Harvey, G. R., Miklas, H. P., Peck, B. B. 1972. Polystyrene Spherules in Coastal Waters. Science, 178(4062), 749-750.

Cheshire, A., Adler, E. 2014. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. Nairobi, Kenija: United Nations Environment Programme (UNEP): izbrane teme (str. 61-64).

Claessens, M., Meester, S. De, Landuyt, L. Van, Clerck, K. De, Janssen, C. R. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. V Marine Pollution Bulletin. Elsevier Marine Pollution Bulletin, 62(10), 2199-2204.

Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., Dudas, S. E. 2019. Human Consumption of Microplastics. *Environmental Science & Technology*, 53(12) 7068–7074.

ECHA (2021)

<https://echa.europa.eu/regulations/prior-informed-consent/understanding-pic>

(datum dostopa: 30.01.2021)

ED Times, 2019

<https://edtimes.in/sea-turtle-hatching-in-versova-beach-2-decades-after-a-massive-clean-up-drive/>

(datum dostopa: 18.06.2020)

EFSA. 2016. Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA journal*, 14(6), e04501.

Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., Reisser, J. 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, 9(12), e111913.

European Commission, Single-use plastics

https://ec.europa.eu/environment/topics/plastics/single-use-plastics_en#:~:text=Where%20sustainable%20alternatives%20are%20easily,stickers%2C%20and%20sticks%20for%20balloons

(datum dostopa: 11.03.2021)

European Parliament news: Parliament seals ban on throwaway plastics by 2021

<https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20190321IPR32111/parliament-seals-ban-on-throwaway-plastics-by-2021>

(datum dostopa: 15.05.2020)

Evropska komisija, Evropska strategija za plastiko v krožnem gospodarstvu

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0028&from=SK>

(datum dostopa: 29.01.2021)

Farrell, P., Nelson, K. 2013. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Elsevier Environmental Pollution*, 177, 1-3.

Gewert, B., Plassmann, M. M., Macleod, M. 2015. Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. *Royal Society of Chemistry*, 17, 1513-1521.

Geyer, R., Jambeck, J. R., in Law, K. L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.

Gourmelon, G., Mármol, Z., Páez, G., Rincón, M., Araujo, K., Aiello, C. 2015. Global Plastic Production Rises, Recycling Lags. *Worldwatch Institute*, Washington, DC, ZDA.

Gramentz, D. 1988. Involvement of loggerhead turtle with the plastic, metal, and hydrocarbon pollution in the central Mediterranean. *Elsevier Marine Pollution Bulletin*, 19(1), 11-13.

Gregory, M. R., Andrady, A. L. 2003. Plastics in the marine environment. *Plastics in the Marine Environment*, 10, 379-401.

Hengstmann, E., Tamminga, M., Bruch, C. vom, Fischer, E. K. 2018. Microplastic in beach sediments of the Isle of Rügen (Baltic Sea) - Implementing a novel glass elutriation column. *Elsevier Marine Pollution Bulletin*, 126, 263-274.

Iñiguez, M. E., Conesa, J. A., Fullana, A. 2017. Microplastics in Spanish Table Salt. *Scientific Reports*, 7 (8620).

Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., in Van Woerden, F. 2018. What a waste. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 139 (3), 167–169.

Koelmans, A. A., Nor, N. H. M., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., France, J. De. 2019. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Elsevier Water Research*, 155, 410-422.

Korez, Š., Gutow, L., & Saborowski, R. 2019. Microplastics at the strandlines of Slovenian beaches. *Elsevier Marine Pollution Bulletin*, 145, 334-342.

Kühn, S., Rebolledo, E. L. B., Franeker, J. A. van. 2015. Deleterious Effects of Litter on Marine Life. *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, izbrane teme (str. 9-14).

Laist, D. W. 1997. Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records. Springer.

Ličer, M., Fettich, A., Jeromel, M. (2019). Prognozirano plimovanje morja 2019. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje. https://jkneptun.si/sites/default/files/plima2019_0.pdf

(datum dostopa: 05.06.2019)

Lotsa, F. A. E., Behrensa, P., Vijverb, M. G., Hortonb, A. A., Bosker, T. 2017. A large-scale investigation of microplastic contamination: Abundance and characteristics of microplastics in European beach sediment. *Elsevier Marine Pollution Bulletin*, 123(1-2), 219-226.

Mathalon, A., Hill, P. 2014. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Elsevier Marine Pollution Bulletin*, 84(1), 69-79.

Moser', M. L., Lee, D. S. 1992. A Fourteen-Year Survey of Plastic Ingestion by Western North Atlantic Seabirds. *JSTOR*, 15(1), 83-94.

Natalie Prinz in Špela Korez. 2020. Understanding How Microplastics Affect Marine Biota on the Cellular Level Is Important for Assessing Ecosystem Function: YOUMARES 9 - The Oceans: Our Research, Our Future. Springer, izbrane teme (str. 101-120).

National Cancer Institute (NIH)

<https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/microsphere>

(datum dostopa: 29.10.2020)

Nichols, W., & Smith, N. (2019). Waste generation and recycling indices 2019: Overview and findings. Verisk Maplecroft.

PlasticsEurope. 2013. *Plastics – the Facts 2013*. An analysis of European latest plastics production, demand and waste data.

https://www.plasticseurope.org/application/files/7815/1689/9295/2013plastics_the_facts_PubOct2013.pdf

(datum dostopa: 13.05.2020)

PlasticsEurope. (2019). *Plastics – the Facts 2019* An analysis of European plastics production, demand and waste data.

https://www.plasticseurope.org/application/files/1115/7236/4388/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf

(datum dostopa: 18.08.2020)

PlasticEurope, What are plastics?

<https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics>

(datum dostopa: 11.01.2021)

Quick Takes, Plastic Production Is On the Rise Worldwide — but Declining in Europe.

<https://www.brinknews.com/quick-take/plastic-production-on-the-rise-worldwide-declining-in-europe/>

(datum dostopa: 10.07.2020)

Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., Teh, F. C., Werorilangi, S., Teh, S. J. 2015. Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*, 5, 14340.

Science History Institute, Science of Plastics

<https://www.sciencehistory.org/science-of-plastics>

(datum dostopa: 11.01.2021)

Senko, J., Nelms, S., Reavis, J., Witherington, B., Godley, B., in Wallace, B. (2020). Understanding individual and population-level effects of plastic pollution on marine megafauna. *Endangered Species Research*, 43, 234–252.

Shaw, D. G., Day, R. H. 1994. Colour- and form-dependent loss of plastic micro-debris from the North Pacific Ocean. *Elsevier Marine Pollution Bulletin*, 28(1), 39-43.

SiStat

https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/sl/HITRE_Repozitorij/HITRE_Repozitorij/H069S.px/table/tableViewLayout2/

(datum dostopa: 13.05.2020)

Stolte, A., Forster, S., Gerds, G., Schubert, H. 2015. Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Elsevier Marine Pollution Bulletin*, 99(1-2), 216-229.

The Guardian: Mumbai beach goes from dump to turtle hatchery in two years
<https://www.theguardian.com/world/2018/mar/30/mumbai-beach-goes-from-dump-to-turtle-hatchery-in-two-years>

(datum dostopa: 15.05.2020)

The Ocean Cleanup, 2020

<https://theoceancleanup.com/>

(datum dostopa: 10.07.2020)

The Telegraph: Balearic Islands to ban plastic by 2020 in bid to clean its beaches
<https://www.telegraph.co.uk/news/2018/01/17/balearic-islands-ban-plastic-2020-bid-clean-beaches/>

(datum dostopa: 15.05.2020)

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D., in Russell, A. E. 2004. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304(5672), 838.

Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., Da Ros, L. 2013. Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Elsevier Estuarine, Coastal and Shelf Science* 130(20), 54-61.

Yu, X., Peng, J., Wang, J., Wang, K., Bao, S. 2016. Occurrence of microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea. *Elsevier Environmental Pollution* 214, 722-730