

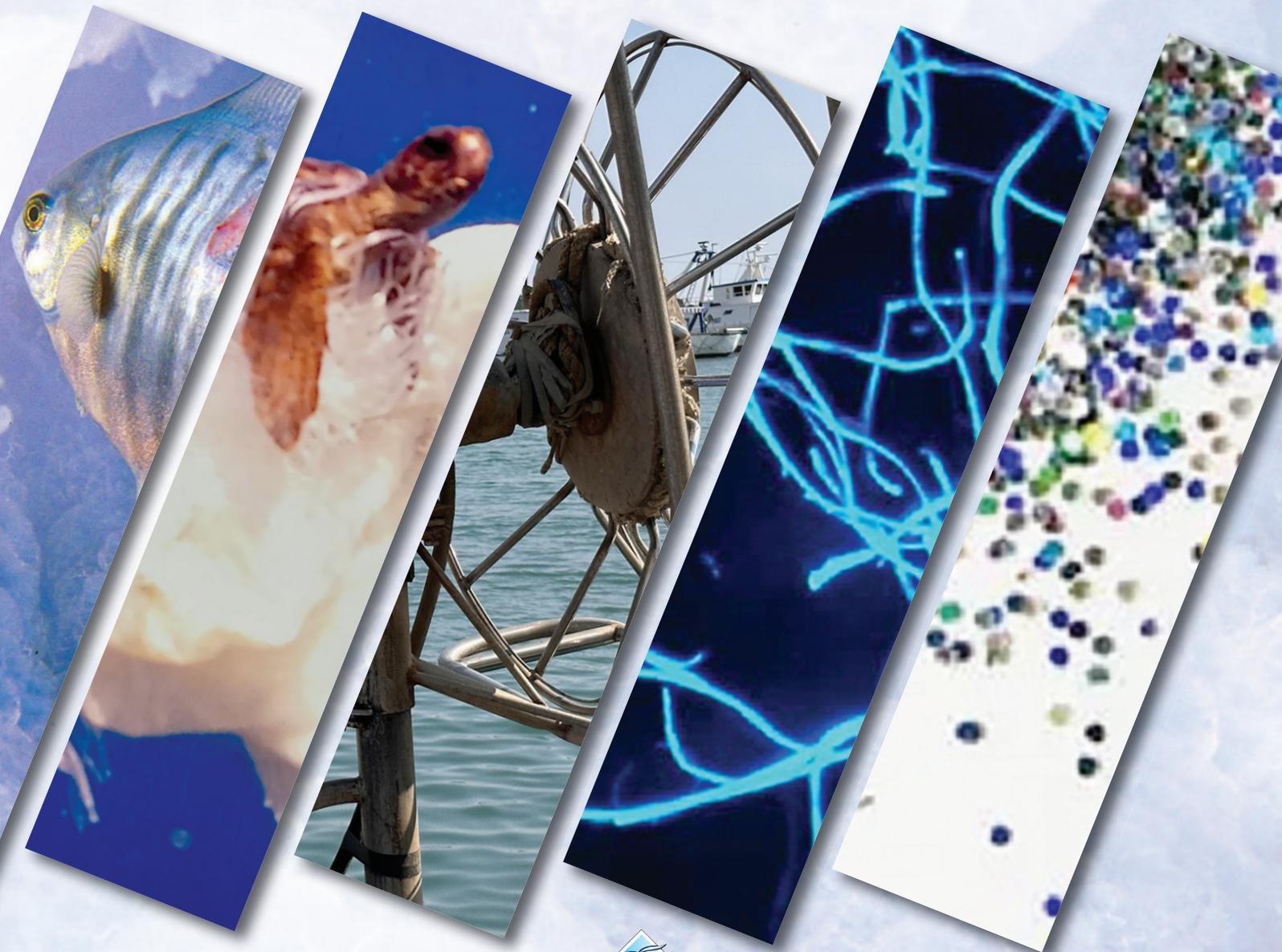


FEAMP
PG 2014-2020
Fondo europeo per gli affari marittimi e la pesca



GESTIONE INTEGRATA NEI SITI NATURA 2000 NEL GOLFO DI GAETA E NEL PARCO RIVIERA DI ULISSE E AMP ISOLA DI VENTOTENE, NELL'AMBITO DELLA PESCA SOSTENIBILE. MONITORAGGIO DEI SEDIMENTI - MICROPLASTICHE E MICROFIBRE.

Misura 1.40 - Protezione e ripristino degli ecosistemi marini
nell'ambito di attività di pesca sostenibili Art. 40, par. 1, lett. c), e), f) del Reg. (UE) n. 508/2014



Ente Parco Regionale
Riviera di Ulisse

Presenza di microfibre e microplastiche in acqua marina del litorale laziale in corrispondenza di aree ZPS e SIC nel Parco Regionale Riviera di Ulisse e nell'AMP di Ventotene

Luigi Valerio^{1,4}, Patrizia Pretto¹, Giulia Vitale^{2,3}, Thomas Hickey⁴, Fabiana Corami^{2,3}

¹Associazione AIPU

²Università Ca' Foscari, Via Torino 155, Venezia - Italia

³Istituto di Scienze Polari, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISP), Via Torino 155, Venezia – Italia

⁴Università di Napoli Federico II

Abstract

Microplastics in the marine environment pose a serious threat to human and environmental health because they are ubiquitous contaminants already detected in the human body (Danopoulos et al., 2022; Zhang et al., 2021; Ragusa et al., 2021; Leslie et al., 2022) and are causing damage to all marine organisms, including the spread of diseases (Kaur et al., 2022; Bowley 2020).

In this study, we describe a basic survey of the presence of microscopic plastics in the Gulf of Gaeta, Minturno, Formia Gaeta, Sperlonga, Fondi, Terracina and Ventotene island. Microplastics were detected in seawater samples using microscopy techniques: epifluorescence and MICRO-FTIR. The former allows for quantifying the number of microplastics, while the latter aims to determine their chemical composition. This project involved the participation of high school students who were properly trained by researchers with the goal of spreading the methodology and results and applying a citizen science approach.

Premessa

Il progetto ha interessato la costa nel Golfo di Gaeta di circa 60 km tra la foce del Fiume Garigliano, a sudest, ed il Porto Badino nel Comune di Terracina, ad ovest, e l'isola di Ventotene, nella rete Natura 2000 marini e costieri. Il progetto operativamente è stato interessato da: monitoraggi di inquinamento da microplastica e microfibra. Il Monitoraggio è costituito da un'unità fisiografica costiera principale (sette settentrionale del Golfo di Gaeta) ed una sua sub-unità (Golfo di Terracina), entrambe formate da ampi litorali sabbiosi delimitati da promontori carbonatici. Le zone costiere in cui ricadono i siti Natura 2000 marini e costieri sono interessate, fin dalla seconda metà degli anni '50, da processi di erosione delle spiagge sabbiose, con *focus* anche molto marcati che hanno localmente innescato lo smantellamento dei cordoni dunari, l'insabbiamento delle foci. Le aree sono state quelle interessate con maggiori peculiarità paesaggistico-ambientali e tutelate per impedire un ulteriore consumo di

suolo. L'attuale assetto ambientale di questo litorale laziale è sottolineato dalle aree protette e quelle che per le proprie condizioni sono soggette ad un particolare regime vincolistico. L'attuale regime vincolistico che interessa queste coste del Lazio meridionale è rappresentato sia dal parco regionale Riviera di Ulisse che dalle zone protette dalla Rete Natura 2000. La Rete Natura 2000 è costituita da Zone di Protezione Speciale (ZPS) e Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e interessa circa un quarto della superficie del Lazio. SIC e ZPS sono individuati sulla base della presenza di specie animali, vegetali e habitat tutelati dalle Direttive comunitarie 79/409/CEE "Uccelli", sostituita dalla Direttiva 2009/147/CE, e 92/43/CEE "Habitat". L'Italia ha recepito la Direttiva "Uccelli" con la Legge n. 157/1992 e la Direttiva "Habitat" con il DPR n. 357/1997, modificato dal DPR n. 120/2003. Stati e Regioni stabiliscono per i SIC e le ZPS misure di conservazione sotto forma di piani di gestione specifici o integrati e misure regolamentari, amministrative o contrattuali. Piani e progetti previsti all'interno di SIC e ZPS e suscettibili di avere un'incidenza significativa sui Siti della Rete Natura 2000 devono essere sottoposti alla procedura di valutazione di incidenza. Nella fascia costiera del Lazio meridionale ove si sono eseguiti i monitoraggi sono compresi n. 5 Siti d'Importanza Comunitaria (SIC), n. 6 Siti d'Importanza Comunitaria Marini, n. 3 Zone a Protezione Speciale e 1 Area Naturale Protetta e un'Area Marina Protetta A.M.P. (Fig. 1). Le ZSC marine sono caratterizzate da habitat di Posidonia oceanica e si distribuiscono in maniera disomogenea lungo la costa. La superficie totale dei SIC e ZPS interessati dal monitoraggio è pari a 59,00 kmq circa per i SIC, mentre per le ZPS di 30,37 kmq circa.

IT6040011 SIC "Lago Lungo" (Comune di Fondi).

IT6040021 "Duna di Capratica" (Comune di Fondi).

IT6040022 "Costa rocciosa tra Sperlonga e Gaeta" (Comuni di Sperlonga, Itri e Gaeta).

IT6040023 "Gianola e Monte Scauri" (Comune di Minturno).

IT6000014 SIC Marino "Fondali tra Terracina e Lago Lungo".

IT6000019 SIC Marino "Fondali circostanti l'Isola di Santo Stefano".

IT6000018 SIC Marino "Fondali circostanti l'Isola di Ventotene".

Inoltre, l'Ente Parco Regionale Riviera di Ulisse è stato istituito con la Legge Regionale n.2 del 6 Febbraio 2003 e costituisce un ente strumentale della Regione Lazio con il compito di gestire tre aree protette regionali quali il Parco di Monte Orlando, il Parco di Gianola e Monte di Scauri e il Monumento Naturale Villa di Tiberio e Costa Torre Capovento - Punta Cetarola. Risulta quindi opportuno ribadire che l'Ente Parco Riviera di Ulisse non è un'area parco ma un'entità amministrativa che ha competenza su tre distinte aree protette. I Comuni nei cui territori, in misura diversa, ricadono le tre aree protette sono Formia, Gaeta, Minturno e Sperlonga.

Parco Naturale Regionale “Gianola e Monte di Scauri” (Ente Parco Riviera di Ulisse)
All'estremo sud del Lazio, il Parco Regionale di Gianola e Monte di Scauri è collocato sulla lingua costiera che separa i Monti Aurunci dal mare del Golfo di Gaeta e rappresenta uno dei pochi lembi verdi di un territorio assai antropizzato. L'area protetta è costituita da rilievi collinari con quote non superiori ai 40 metri sul livello del mare dai quali emerge, con i suoi 123 metri, il Monte di Scauri. Oltre al fascino degli ambienti naturali con sentieri immersi nella folta vegetazione, il Parco è caratterizzato dalla presenza di numerosi resti di epoca romana segno di un'intensa attività umana che incessantemente si protrae da 2000 anni.

Parco Naturale Regionale “Monte Orlando” (Ente Parco Riviera di Ulisse)
Il promontorio di Monte Orlando si protende nel Golfo di Gaeta e termina con una falesia a picco su mare. Rappresenta l'estrema propaggine verso il mare della catena dei Monti Aurunci, la cui posizione, estremamente ravvicinata al mare, ha determinato caratteristiche climatiche che favoriscono particolari associazioni vegetali. Da un punto di vista geologico, le acque meteoriche e l'erosione marina hanno determinato grotte, cavità e crepacci come la ”Montagna Spaccata”, ”La Grotta del Turco” e le caratteristiche falesie a picco sul mare. Storicamente, invece, il territorio di Gaeta è stato considerato da Papi e Imperatori un rifugio sicuro nei momenti di difficoltà. Nei secoli, quindi, sono nate numerose opere di edilizia militare quali bastioni, polveriere, depositi di munizioni e piazzole di sparo. Di tali opere è oggi ben visibile la testimonianza all'interno del parco come dei numerosi resti archeologici di epoca romana, tra cui un Mausoleo in perfetto stato di conservazione. Il Parco, inserito nel tessuto urbano del Comune di Gaeta fu istituito con la Legge Regionale n.47 del 1986, in seguito alle istanze di associazioni ambientaliste e numerosi cittadini.

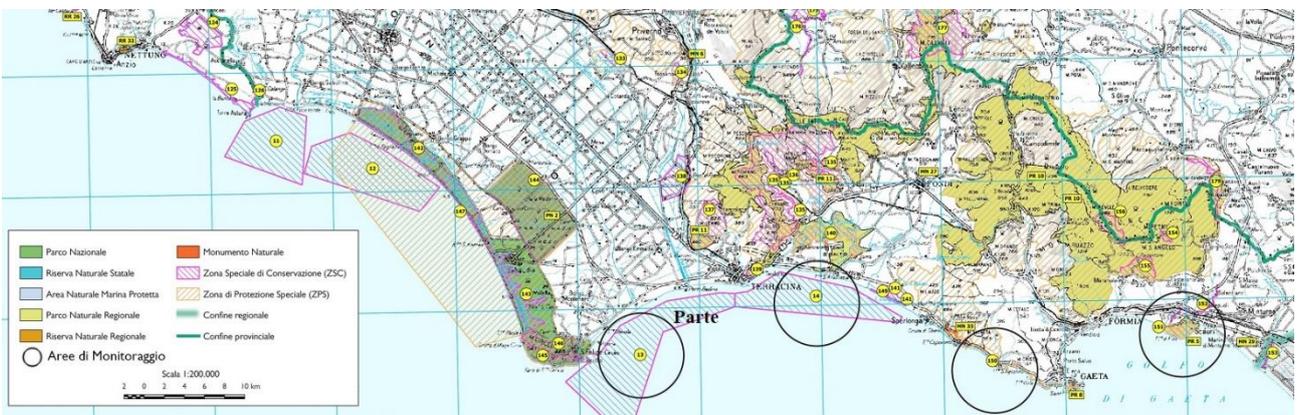
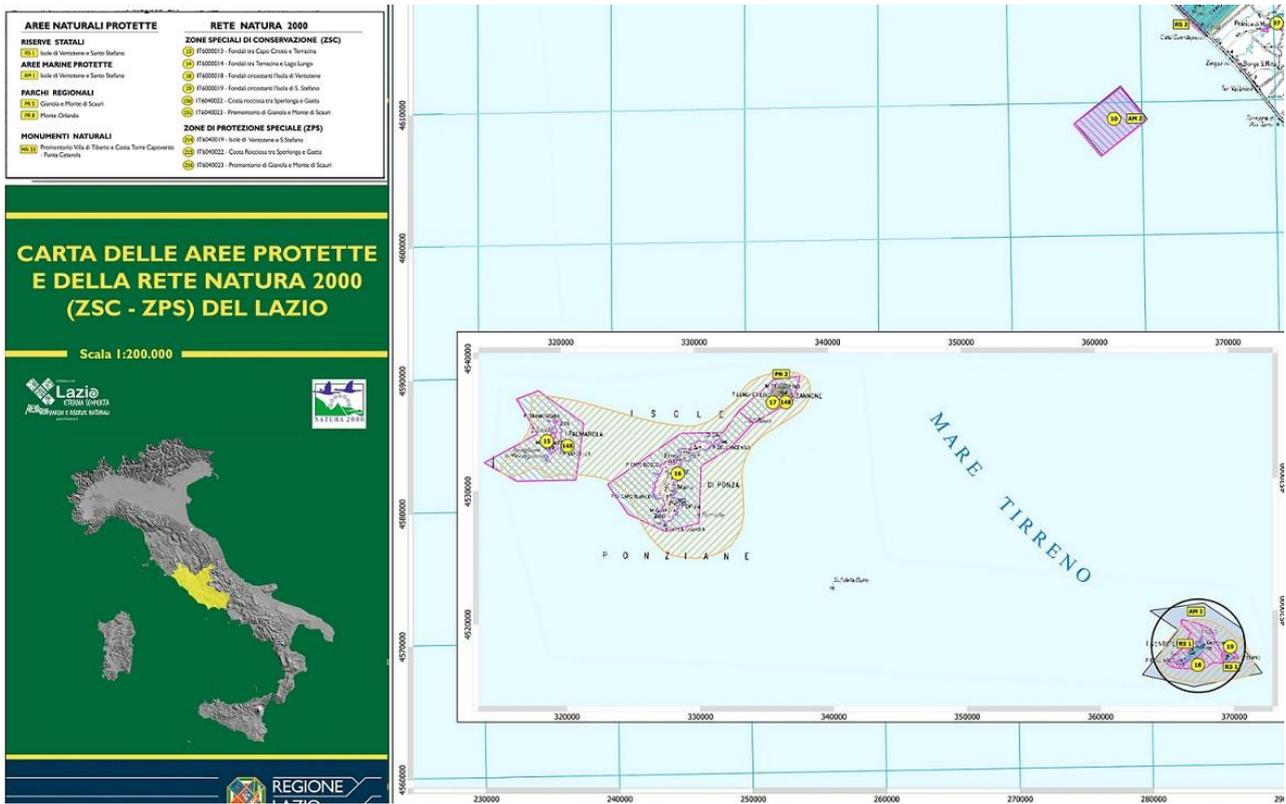
Monumento Naturale “Promontorio Villa di Tiberio e Costa Torre Capovento - Punta Cetarola” (Ente Parco Riviera di Ulisse)

Il Monumento Naturale di Sperlonga è costituito essenzialmente da scogliere e falesie che si specchiano in acque limpidissime e ricche di vita. Indimenticabili i panorami che si godono dai sentieri, quasi a strapiombo sul mare, con lo sguardo che si poggia su ininterrotte distese di mare e con le isole Pontine ben riconoscibili.

Le scogliere e le falesie sul mare sono ricche di grotte e anfratti naturali.
Riserva Naturale Statale “Isole di Ventotene e Santo Stefano”

Il Ministero dell'Ambiente, con Decreto 12 dicembre 1997 (GU n° 45 del 24.2.1998), ha istituito l'Area Naturale Marina Protetta “Isole di Ventotene e Santo Stefano”, con circa 2.799 ettari dell'area marina, che dal 1999 son diventati anche Riserva Naturale 53 Statale. L'Area Marina Protetta è suddivisa in tre zone a tutela differenziata. La Zona A, a riserva integrale, è a Santo Stefano, nei lati est, sud e ovest. La Zona B, a

riserva generale, comprende il tratto di mare da nord-ovest a sud e ad est. In questa zona il turismo è permesso, la pesca professionale e sportiva sono consentite previa autorizzazione e la navigazione è libera per i cittadini residenti nel Comune, mentre le altre imbarcazioni devono rimanere a 500 metri dalla costa. La Zona C, a riserva parziale, si estende da nord-ovest (Punta Eolo) a Cala Battaglia e comprende anche i due porti, quello romano e quello nuovo. È l'area con vincoli molto più elastici, la navigazione è libera ed è ammessa la pesca professionale anche per i non residenti.



Introduzione

Particelle di piccole dimensioni costituite da materiale plastico sono contaminanti emergenti che destano preoccupazione per la salute umana e degli ecosistemi. In ambiente marino si distinguono in microfibre (derivanti dal rilascio di materiale sintetico dai tessuti) e in microplastiche (primarie e secondarie, quest'ultime derivanti dalla frammentazione di oggetti di grandi dimensioni). Per quanto riguarda gli effetti tossici sulla specie umana, si è visto che le plastiche hanno effetti dannosi sulle cellule (Danopoulos et al., 2022), sono state trovate in feci di soggetti adulti e bambini (Zhang et al., 2021), sono presenti nella placenta (Ragusa et al., 2021) e nel sangue umano (Leslie et al., 2022). La degradazione della plastica è estremamente lenta e il suo accumulo sulla superficie dell'oceano e sulle coste, nella colonna d'acqua, nelle profondità marine, nel suolo e nel corpo di organismi viventi è già considerato un processo irreversibile (Macleod et al., 2021). Piccole particelle di materiale sintetico in acqua inoltre costituiscono un rischio per la diffusione di microrganismi patogeni e loro antibiotico-resistenza (Kaur et al., 2022) e microrganismi responsabili del colera (genere *Vibrio*) o di malattie di specie ittiche (*Aeromonas salmonicida*) sono stati descritti essere associati a particelle di plastica in molte aree oceaniche (Bowley 2020). Un monitoraggio della quantità di microparticelle sintetiche nel mar Mediterraneo è stato eseguito durante la Tara expedition descritta da Baudena et al., 2022. Qui le microplastiche sono state raccolte tramite metodo manta net a fessurazione di 333 μm e associate al numero di passaggio di navi. Uno dei punti più contaminati del Mediterraneo risulta essere la costa tirrenica proprio in prossimità di San Felice Circeo nonostante il passaggio di natanti non sia dei più intensi del bacino Mediterraneo. Il presente lavoro ha l'obiettivo di accertare la presenza di microplastiche e microfibre nelle acque costiere del litorale laziale in corrispondenza di aree SIC e ZPS tramite due metodiche di microscopia: epifluorescenza e MICRO-FTIR. La prima sfrutta la capacità delle fibre sintetiche di essere visibili in quanto emettono luce blu se colpite da una sorgente luminosa a 420 nm. La spettroscopia MICRO-FTIR è in grado di distinguere tra i vari polimeri (in questo caso è stata usata solo per analisi qualitativa). Lo studio ha avuto inoltre lo scopo di coinvolgere studenti di scuole superiori in un lavoro scientifico coordinato dall'Istituto di Scienze Polari di Venezia e dallo Scripps institution of Oceanography di San Diego.

Materiali e metodi

Preparazione dei campioni per analisi in epifluorescenza

Campionamento e filtrazione dell'acqua di mare

I campioni di acqua marina sono stati prelevati in superficie (20-30 cm) nei mesi di Aprile/Maggio 2023. Abbiamo coinvolto anche alcuni pescatori che hanno accompagnato il consulente al prelievo dei campioni confermando il coinvolgimento anche degli operatori della pesca per la protezione nel ripristino della biodiversità marina.

L'idea che l'esistenza di comunità di pesca locale sia fondamentale per garantire un sistema ittico sostenibile, capace e di utilizzare buone pratiche per una pesca sostenibile. questo significa riscoprire e promuovere le tradizioni delle culture costiere resilienti per migliorare lo stato dei beni comuni e garantire che anche le generazioni future possano accedervi.

Per ogni campione sono state prelevate 3 repliche in provette Falcon da 50 mL annotando parametri di data, ora, coordinate GPS e temperatura dell'acqua. 9 campioni totali successivamente filtrati presso l'Istituto di Scienze Polari (ISP-CNR), Mestre (VE) usando siringhe da 50 mL, filtri in fibra di vetro Whatman (diametro 25 mm, porosità 0,7 μ m) all'interno di portafiltri in polipropilene dello stesso diametro (Cole Parmer). L'asciugatura dei filtri è avvenuta sotto cappa all'interno di capsule Petri per 24 ore, sono seguiti l'avvolgimento in carta da forno antiaderente e la spedizione all'istituto oceanografico Scripps di San Diego, California.

Analisi microscopica in epifluorescenza e conta delle fibre

I filtri sono stati analizzati tramite microscopio Nikon SMZ1800 in epifluorescenza con ingrandimento 1X. Per ogni filtro sono state registrate due immagini: una in campo chiaro (bright field) e una in campo scuro (fluorescent field) tramite sorgente di eccitazione emittente luce a 420 nm di lunghezza d'onda e registrando le lunghezze d'onda da 450 a 800 nm.

Le immagini al microscopio sono state caricate su cloud e successivamente contate da studenti di due istituti superiori italiani, previo training via webinar, su protocolli sviluppati dall'istituto oceanografico Scripps di San Diego (prof D. Deheyn). Il software utilizzato per la conta delle fibre è GIMP versione 2.10.34. Tale software permette di sovrapporre le due immagini di ogni filtro (campo chiaro e campo scuro) e di contare le fibre sintetiche visibili nei due campi. Ogni filtro è stato contato da un minimo di tre studenti. Il numero finale delle fibre presenti in ogni campione è stato calcolato come media di 9 conte: 3 conte per ogni filtro, 3 filtri raccolti per ogni campione.

Analisi qualitativa delle microfibre/microplastiche tramite microscopia M-FTIR

L'obiettivo dell'analisi via Micro-FTIR era l'identificazione dei polimeri che compongono le microfibre e microplastiche presenti nei campioni raccolti. È stato utilizzato un Micro-FTIR della Thermo Fisher Scientific che accoppia la spettroscopia ad infrarosso con trasformata di Fourier (FTIR) con un obiettivo da microscopio. Questo è anche dotato di un software con librerie di riconoscimento e imaging, che permette di ottenere le dimensioni delle particelle analizzate.

I campioni sottoposti ad analisi qualitativa sono:

- 23 Prg 1
- 23 Prg 3
- 23 Prg 5
- 23 Prg 8

Una sola replica è stata filtrata ed analizzata al Micro-FTIR.

Filtrazione

I campioni di acqua marina sono stati filtrati su filtri di porosità 0,2 µm (ANODISC - Anopore Inorganic Membrane, 47 mm, Whatman™). Circa 50 mL del volume totale dei campioni sono stati versati in una beuta e diluiti con acqua ultrapura (Elga Veolia). La diluizione migliore per evitare che rimangano residui di sale sul filtro è di 3:1, per un volume totale finale di 150 ml. Il campione diluito in beuta è quindi filtrato con l'ausilio di un apparato di filtrazione in vetro ed una pompa a vuoto aspirante. All'inizio ed al termine della filtrazione del campione il filtro è stato pulito con una soluzione a volumi crescenti di etanolo-acqua ultra pura (prima al 50% poi all'80%).

Al termine della filtrazione, il filtro è stato riposto su una piastra Petri di vetro e lasciato ad asciugare sotto cappa per un paio di giorni. Tutte le attività sono state eseguite in una camera bianca plastic-free (ISO7) e sotto cappa aspirante. Gli strumenti usati per la filtrazione sono in vetro e sono stati decontaminati con etanolo prima dell'uso. Per stimare la contaminazione personale e del laboratorio è stato fatto un bianco filtrando acqua ultra pura (50 mL) con etanolo per emulare la filtrazione del campione. In fase di elaborazione, i valori di microfibre e microplastiche presenti nel bianco di campo sono stati sottratti a quelli del campione reale.

Analisi dei filtri

Per la lettura dei filtri è stato utilizzato un microscopio ad infrarossi Nicolet iN10 (Thermo Fisher Scientific) con un detector MCT (mercurium cadmium telluride) raffreddato ad azoto liquido, e un piano motorizzato ultraveloce. Per l'analisi qualitativa, i filtri sono stati analizzati in modalità trasmissione con la sezione WIZARD del software Omnic™ Picta™ e gli spettri raccolti da 5 campi ottici sono stati poi confrontati con librerie di riferimento. Il report risultante fornisce informazioni relative al tipo di polimero e alla dimensione (lunghezza, larghezza, lunghezza) della particella/fibra, grazie all'imaging presente nel software.

Risultati

Area di raccolta dei campioni

Un totale di 9 campioni è stato prelevato presso il basso litorale laziale (Figure 1-4). Per il prelievo sono state anche utilizzate imbarcazioni di pescatori della piccola pesca per coinvolgerli in questo progetto. Tali campioni sono stati filtrati e analizzati tramite microscopia ad epifluorescenza (per la conta delle microfibre) e l'analisi qualitativa di microplastiche e microfibre è stata effettuata via Micro-FTIR. Parametri come coordinate GPS, data e ora di campionamento e temperatura dell'acqua sono mostrati in Tabella 1.

Figura1. Mappa completa dei prelievi

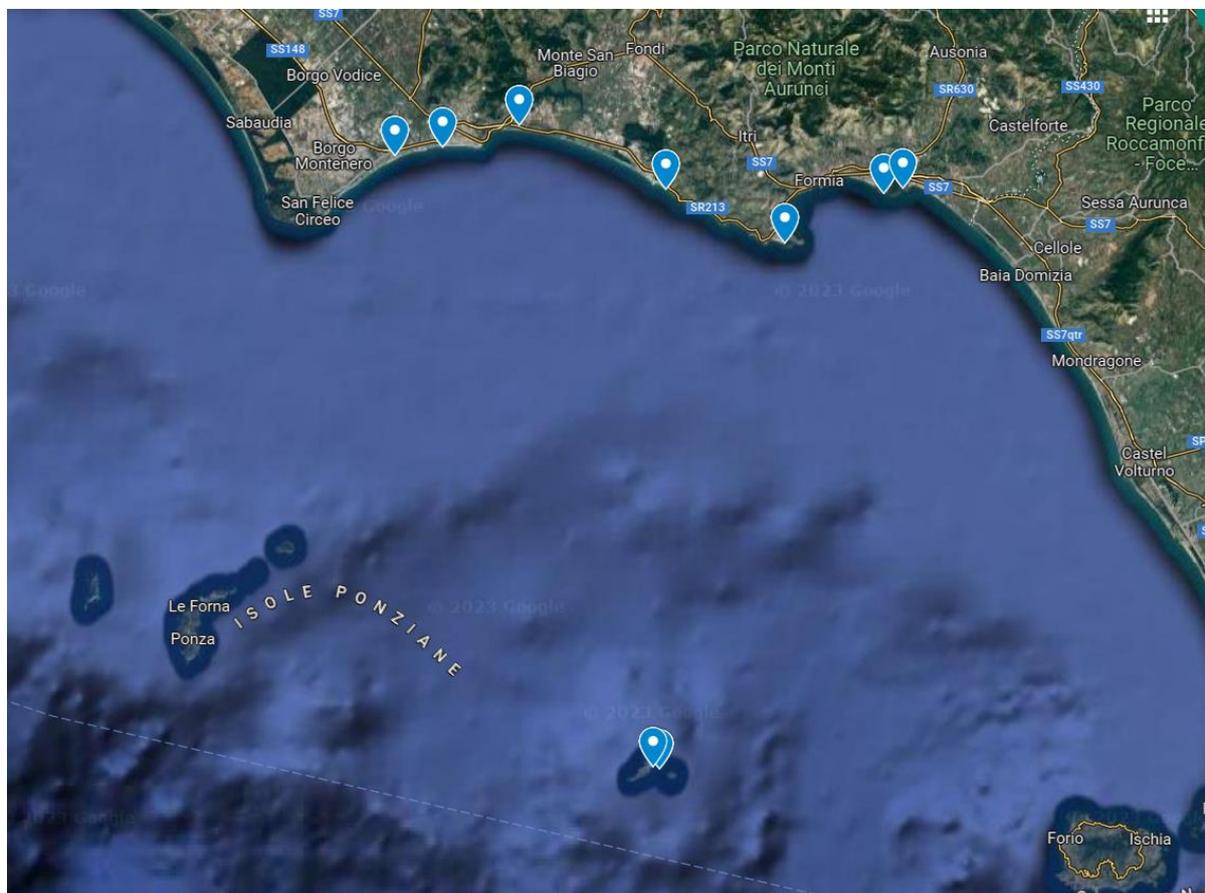


Figura2. Particolare dei prelievi 23Pgr1-23Pgr4. I punti di prelievo sono indicati dalle graffette gialle

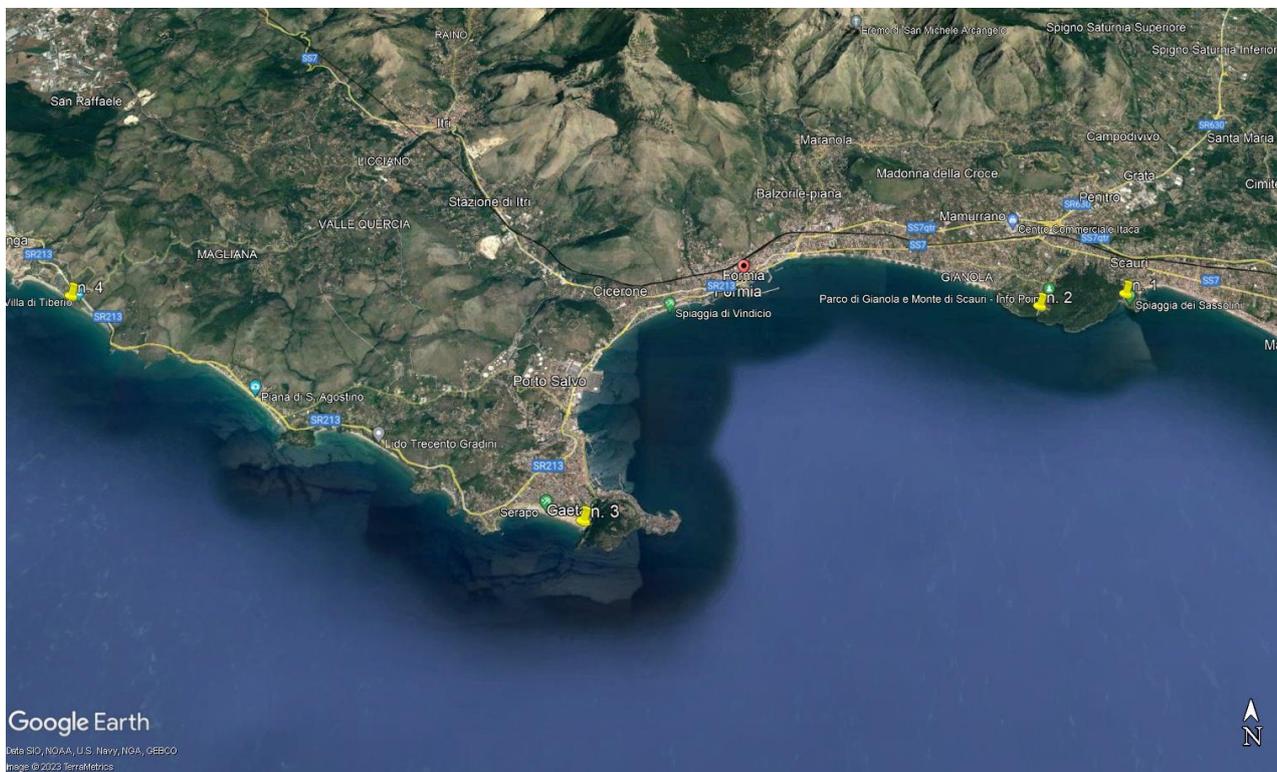


Figura3. Particolare dei prelievi 23Prg5-23Prg7. I punti di prelievo sono indicati dalle graffette gialle

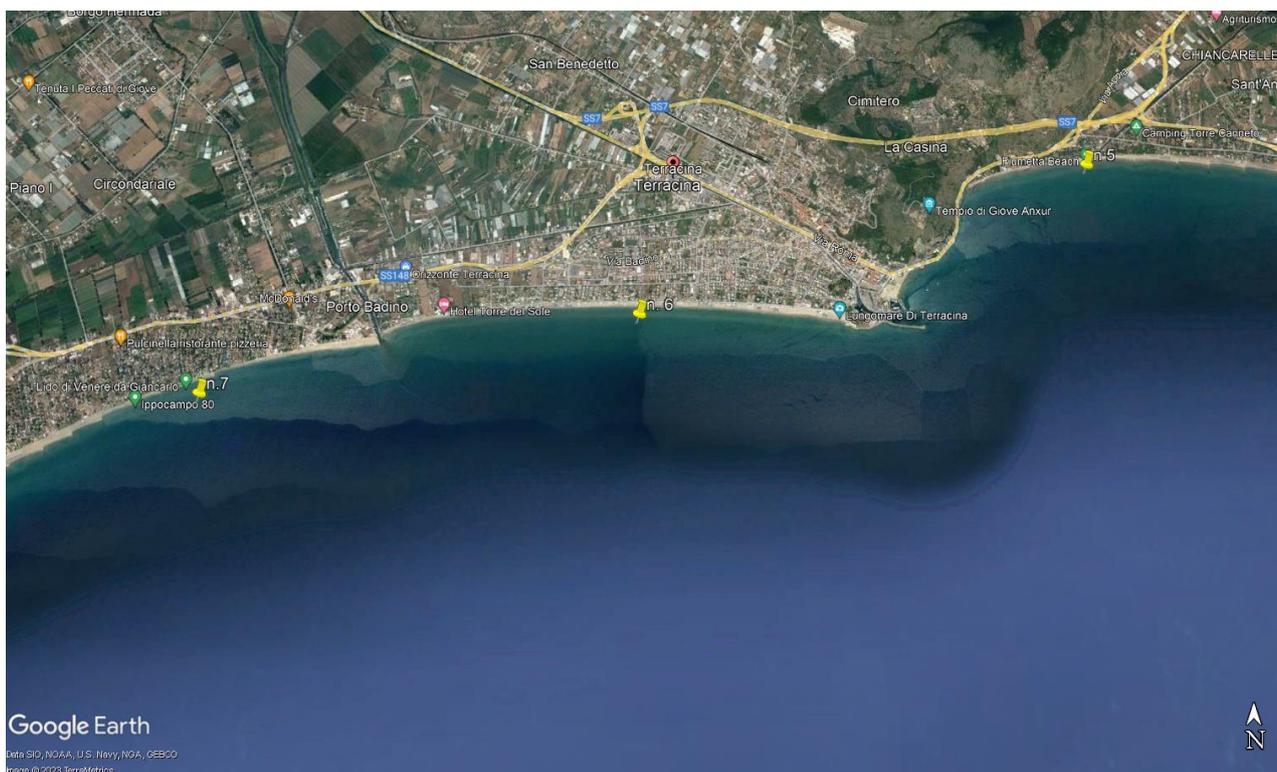
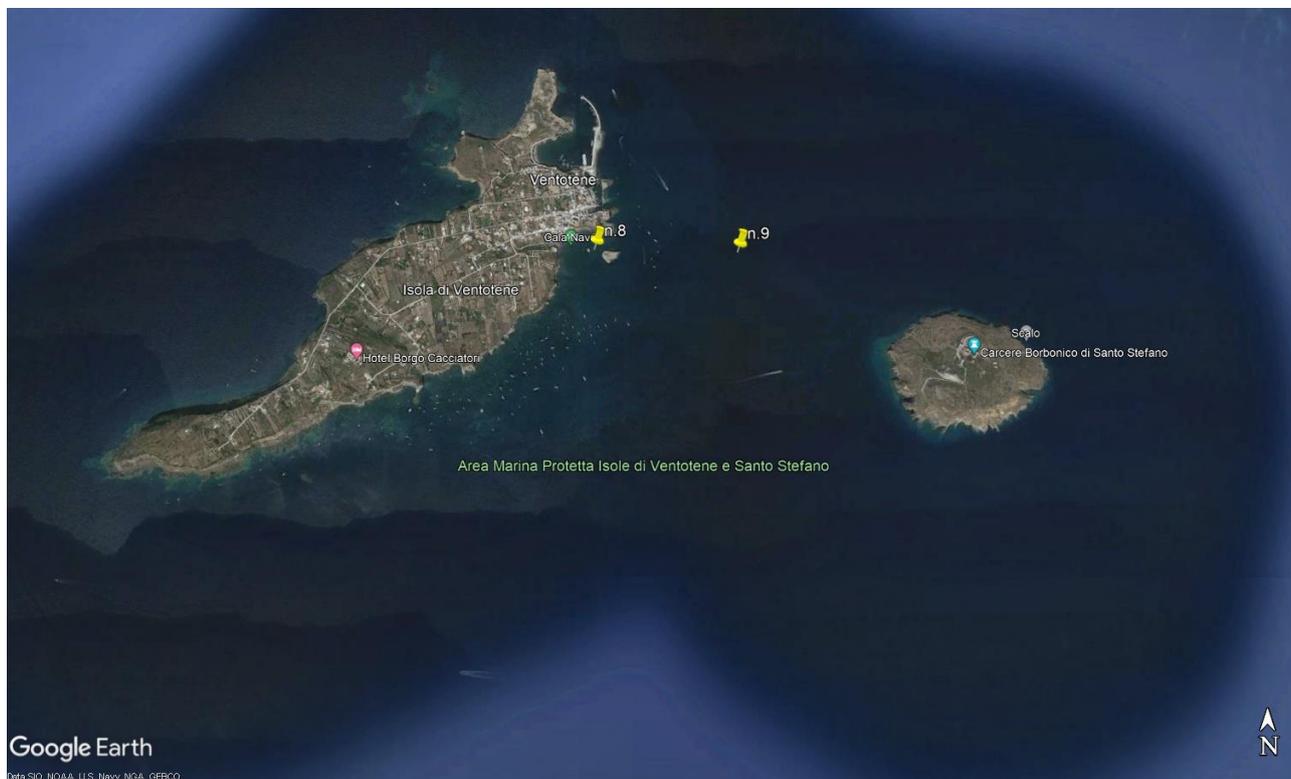


Figura 4. Particolare dei prelievi 23Prg8-23Prg9, isola di Ventotene. I punti di prelievo sono indicati dalle graffette gialle



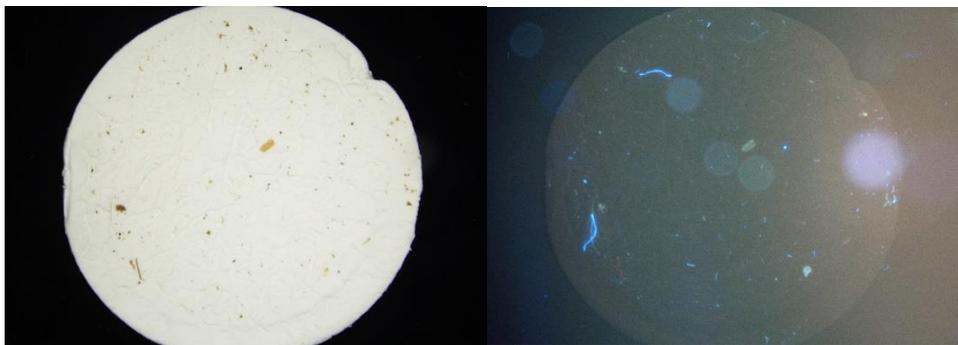
Campione	Data	Ora	Coordinate GPS		Temp. Acqua (°C)
23Prg1	02/05/2023	17:30	41°15'01"	13° 41'34"	17,8
23Prg2	02/05/2023	18	41°14'47"	13° 40'24"	18,1
23Prg3	03/05/2023	11:15	41°12'27"	13° 34'15"	18,2
23Prg4	03/05/2023	12	41°14'58"	13° 26'55"	19
23Prg5	05/05/2023	10:30	41°17'58"	13° 17' 46"	18
23Prg6	05/05/2023	11:10	41°16'58"	13° 13' 04"	17,04
23Prg7	05/05/2023	11:45	41° 16'34"	13° 10' 05"	18,02
23Prg8	04/05/2023	10	40° 47'43"	13° 26' 04"	17
23Prg9	04/05/2023	10:30	40°47'37"	13° 26' 31"	16,5

Tabella1. Dati raccolti per ogni campione.

Analisi in epifluorescenza

L'analisi in epifluorescenza ha prodotto due immagini per ogni filtro: una in campo chiaro e una in campo scuro (Fig.5) che sono state analizzate (tramite software GIMP) da studenti di istituti superiori.

Figura 5. Filtri al microscopio in campo chiaro (sinistra) e in campo scuro (destra)



Ogni filtro contato indipendentemente da più studenti presentava un numero di fibre da 0 a 63. La figura 6 mostra un grafico della presenza di fibre i cui numeri sono la media matematica di più valori. La presenza più consistente di fibre si nota nel campione 23Prg3 (Gaeta) spiaggia di Serapo, che presenta quasi 50 fibre/50 mL. Il resto dei campioni, 23Prg1 spiaggia dei Sassolini, (Scauri-Minturno), 23Prg2 Porticciolo di Gianola di Formia, 23Prg4 Villa di Tiberio, Sperlonga, 23Prg5 porzione di mare antistante Torre Canneto, Fondi, 23Prg6 spiaggia di Terracina 23Prg7, spiaggia Porto Badino Terracina, 23Prg8-9 isola di Ventotene, hanno una presenza di fibre più bassa di almeno un ordine di grandezza.

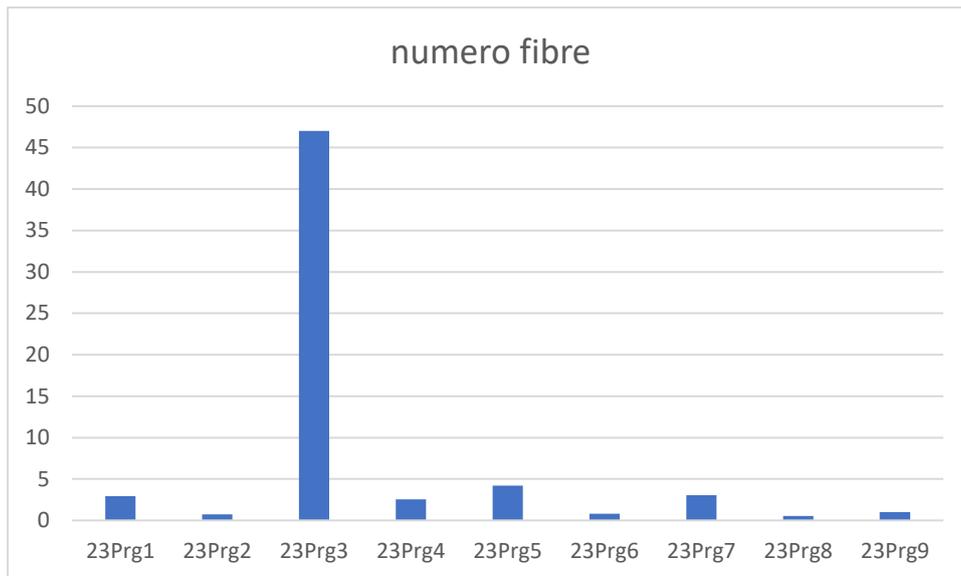


Figura 6. Quantità di microfibre in 50 mL di acqua marina analizzate tramite epifluorescenza.

Analisi tramite microscopia MicroFTIR

Per quanto riguarda la caratterizzazione chimica dei polimeri sintetici e artificiali, l'analisi via Micro-FTIR ha permesso di distinguere nei campioni 5 diversi polimeri: acrilico, polietilene, poliestere, polistirene, rayon. La figura 7 mostra una sezione del filtro analizzata all'infrarosso tramite microscopia Micro-FTIR.

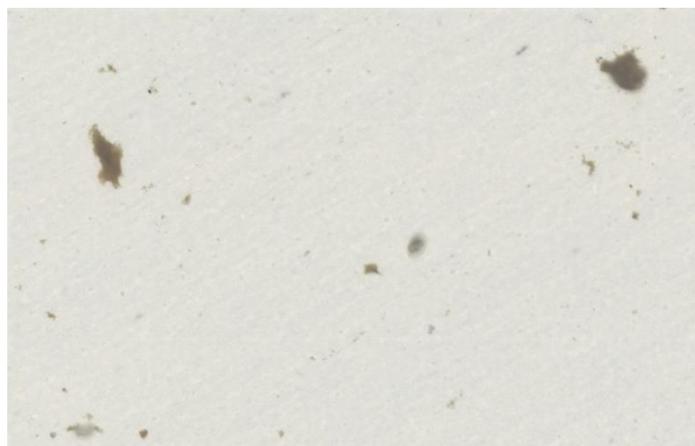


Figura 7. Immagine di una sezione del filtro (20x12 μm) presa grazie alla funzione mosaic del software OmnicPicta del Micro-FTIR.

Per quanto riguarda la caratterizzazione chimica (Figura 8) dei polimeri sintetici, sono state identificate particelle/fibre di Poliestere (PES), Polistirene (PS) e Polietilene (PE). Inoltre, in tutti i campioni eccetto 23Prg3 è stato trovato anche rayon, mentre l'acrilico è stato trovato in forma di fibra sia in 23Prg1 sia in 23Prg3.

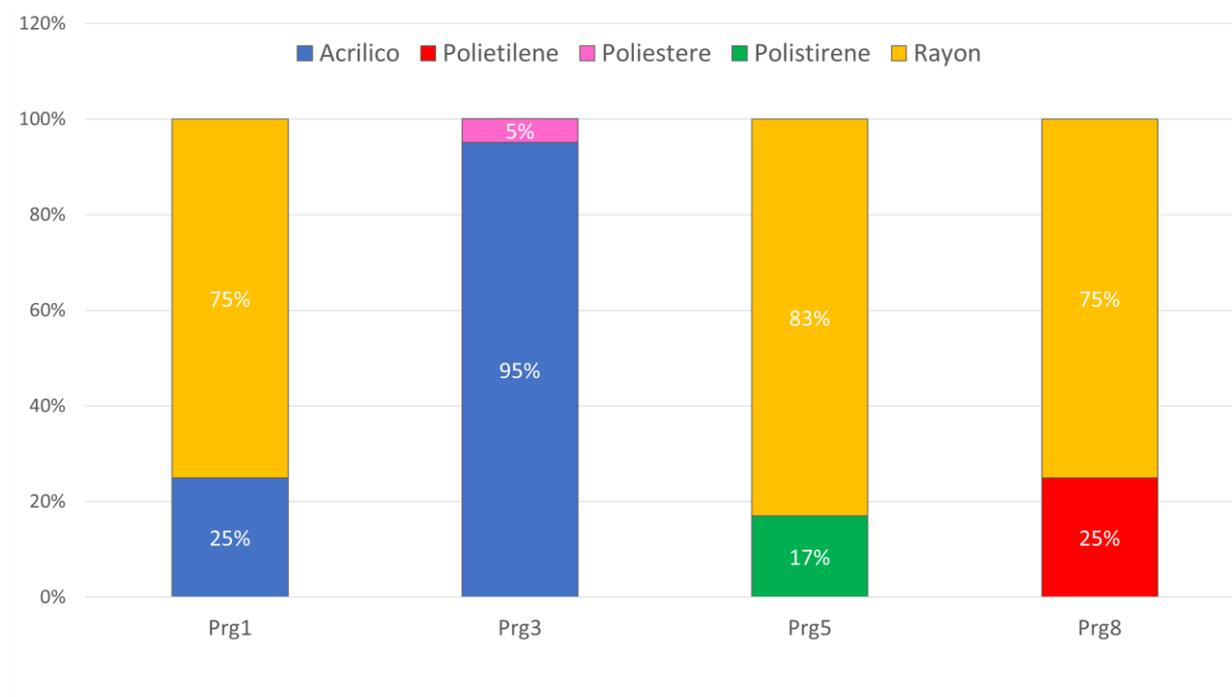


Figura 8. - Grafico a barre percentuali che riporta il tipo di polimero presente in ogni sito di campionamento con le rispettive percentuali di presenza. L'acrilico ed il rayon sono i più comuni, seguiti da polietilene (PE), polistirene (PS) e poliestere (PES).

Dal punto di vista dimensionale (Tabella 2), la lunghezza media delle particelle è compresa tra i 188,4 (23Prg5) e i 418,2 (23Prg8) μm . Il range di larghezza è meno variabile rispetto a quello di lunghezza, con una media di 40 (23Prg3) e 28,2 (23Prg1) μm . Sulla base della caratterizzazione chimica via Micro-FTIR, si può effettuare una stima qualitativa di microfibre e microplastiche presenti nel campione. Si osservano delle differenze che potrebbero essere significative per comprendere lo stato dell'area di campionamento. Considerando infatti i singoli punti (Figura 9), si può osservare che 23Prg5 ha la stessa percentuale di microfibre e microplastiche, mentre in 23Prg8 le microfibre predominano sulle microplastiche, in 23Prg1 la situazione è invertita. 23Prg3 mostra il più alto divario percentuale tra microfibre e microplastiche. Considerando i punti nel loro insieme come rappresentativi dell'area si osserva che il 64% delle plastiche trovate sono microfibre, mentre il restante 36% sono microplastiche. Per microfibre s'intendono le particelle il cui rapporto lunghezza/larghezza è \geq tre. Sebbene, la stima relativamente alla composizione del microlitter sia qualitativa, si può dire che le microplastiche e microfibre possano essere presenti quantitativamente in percentuale diversa.

Punto di Campionamento	Lunghezza media (μm)	Larghezza media (μm)
Prg1	349	28,2
Prg3	232	40
Prg5	188,4	31,3
Prg8	418,2	39,2

Tabella 2. Valori lunghezza e larghezza medi per ogni sito di campionamento.

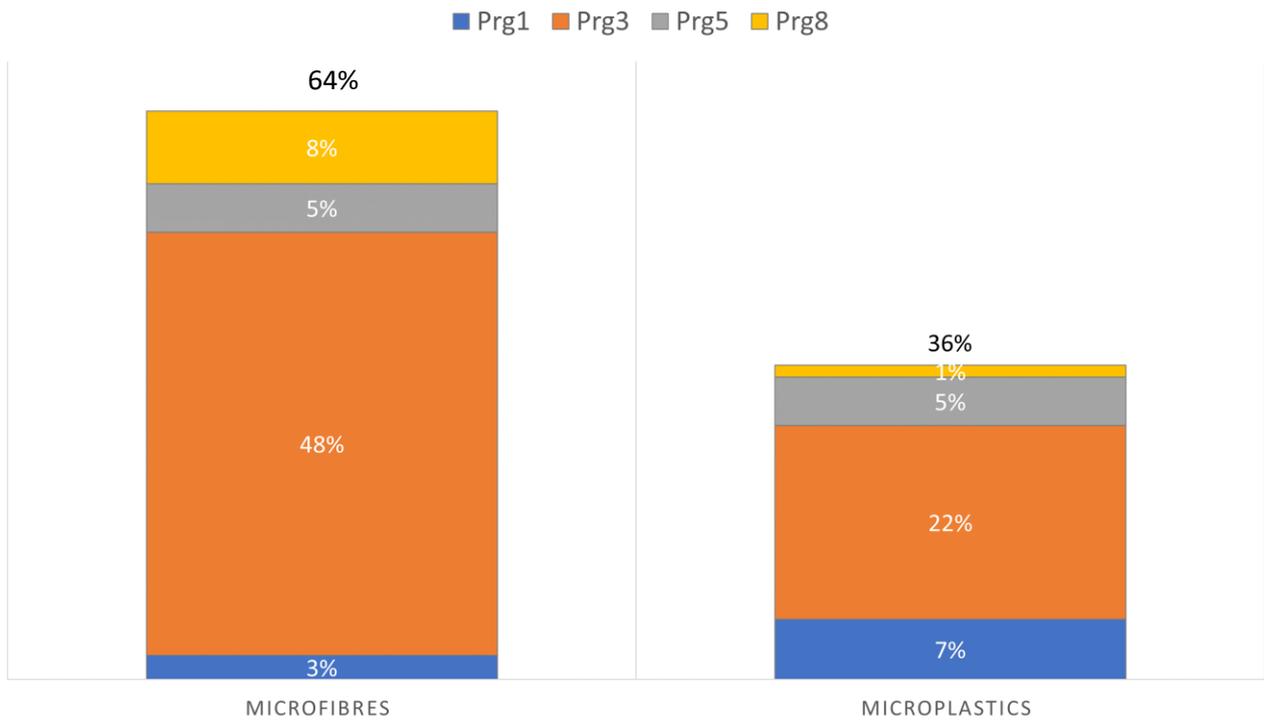


Figura 9. Stima percentuale della presenza di microfibre e microplastiche nelle acque dei siti analizzati per la caratterizzazione chimica dei polimeri.

Conclusioni

L'analisi tramite epifluorescenza ha evidenziato il maggior numero di fibre sintetiche nel campione 23Prg3 (Gaeta). La minor concentrazione si è registrata nei punti 23Prg2, 23Prg6 e 23Prg8, inferiore ad una fibra per 50 mL di acqua (parco di Gianola e Monte Scauri, lungomare di Terracina e sulla costa dell'isola di Ventotene). E' da sottolineare che nei filtri erano visibili anche altre particelle puntiformi in campo fluorescente (specialmente in 23Pgr3) che non sono state contate in quanto non fibriformi.

Nella caratterizzazione chimica tramite Micro-FTIR, l'acrilico è risultato il polimero più presente (95%) nel punto 23Prg3 più contaminato mentre il rayon era presente in tutti gli altri 3 campioni analizzati 23Prg1, 23Prg5, 23Prg8. Gli altri polimeri rinvenuti in minore concentrazione sono polietilene, polistirene e poliestere. Dall'analisi via MicroFTIR e considerando anche a morfologia delle particelle, si può dedurre che le microfibre costituiscono circa i 2/3 della contaminazione, probabilmente provenienti da materiali sintetici come tessuti, reti da pesca, etc.

In questo lavoro abbiamo analizzato un ristretto pool di dati che forniscono solo un'idea della presenza degli inquinanti in esame, che certamente dovrà necessariamente continuare nel tempo con successivi monitoraggi.

Il coinvolgimento di studenti di scuole superiori si è rivelato molto utile in quanto ha fatto emergere l'interesse per il progetto di persone che non si erano ancora avvicinate alla scienza. Ha messo inoltre in risalto il valido supporto che studenti ancora non universitari possono dare al progresso in campo scientifico.

E' importante sottolineare l'emergere di nuove figure professionali che si occupano di supportare e trasferire l'innovazione riguardante la transizione ecologica a sistemi socialmente e ambientalmente sostenibili. Tali servizi coinvolgono diversi livelli decisionali e affiancano le figure professionali tradizionali, come i biologi marini, includendo esperti in consulenza specialistica.

Questa evoluzione ha introdotto anche nuovi metodi e strumenti, come i social media, per agevolare l'accesso ai servizi e lo sviluppo delle capacità necessarie per facilitare processi multi-attoriali. Un esempio di consulenza con impatto diretto sui pescatori è stata quella che ha accompagnato i tecnici in alcuni prelievi tramite scambio di conoscenze. Questo approccio voleva agevolare l'adozione di pratiche più sostenibili, oltre a favorire la conformità alle norme di protezione ambientale e promuovere il dialogo sociale.

Da questa esperienza si prospetta un supporto all'apprendimento permanente, alla formazione e alla sensibilizzazione, al fine di sviluppare le competenze tecnico-

professionali del personale coinvolto nella filiera ittica e potenziare la gestione delle risorse marine. Questo include la valorizzazione e la qualità del prodotto/processo, la gestione dei mercati, la sicurezza sul lavoro, la sicurezza alimentare e il coinvolgimento del pescatore nel monitoraggio dell'ambiente marino anche se non direttamente legato alla pesca. Grande attenzione ha quest'ultimo punto che mira a coinvolgere il pescatore in attività di "sentinella" per tutto quello che riguarda l'ecosistema mare. Infatti, si è iniziato a costruire un rapporto di fiducia da impiegare in progetti futuri. Una riorganizzazione che si basa sulle esperienze e i modelli di attuazione può senz'altro contribuire all'effettiva implementazione dell'approccio ecosistemico e promuovere una gestione sostenibile delle risorse marine e costiere su larga scala.

Ringraziamenti

Si ringraziano: Prof. Carlo Donadio e gli studenti del Distar di Napoli dell'Università "Federico II", il biologo marino dott. Adriano Madonna, la preziosa collaborazione dei pescatori di Gaeta e Terracina, la Lega Navale Delegazione di Ventotene, Valentina e i suoi collaboratori del Diving Word di Ventotene, Arcangelo Palmacci e

Bibliografia

Baudena, A., Ser-Giacomi, E., Jalón-Rojas, I. et al. The streaming of plastic in the Mediterranean Sea. *Nat Commun* 13, 2981 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30572-5>

Bowley J, Craig Baker-Austin, Adam Porter, Rachel Hartnell, and Ceri Lewis. Oceanic Hitchhikers – Assessing Pathogen Risks from Marine Microplastic. *Trends in Microbiology*. 2020. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.06.011>

Danopoulos E, Twiddy M, West R, Rotchell JM. A rapid review and meta-regression analyses of the toxicological impacts of microplastic exposure in human cells. *J Hazard Mater*. 2022 Apr 5;427:127861. doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.127861. Epub 2021 Nov 24. PMID: 34863566.

Kaur K, Sagar Reddy, Pramod Barathe, Uttara Oak, Varsha Shriram, Sanjay S. Kharat, M. Govarathanan, Vinay Kumar, Microplastic-associated pathogens and antimicrobial resistance in environment, *Chemosphere*, Volume 291, Part 2, 2022,133005

Leslie Heather A., Martin J.M. van Velzen, Sicco H. Brandsma, A. Dick Vethaak, Juan J. Garcia-Vallejo, Marja H. Lamoree, Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood, *Environment International*, Volume 163, 2022, 107199,

Macleod M., Arp Hans Peter H., Tekman Mine B., Jahnke Annika. The global threat from plastic pollution. *Science*373,61-65(2021).DOI:10.1126/science.abg5433

Ragusa Antonio, Alessandro Svelato, Criselda Santacroce, Piera Catalano, Valentina Notarstefano, Oliana Carnevali, Fabrizio Papa, Mauro Ciro Antonio Rongioletti, Federico Baiocco, Simonetta Draghi, Elisabetta D'Amore, Denise Rinaldo, Maria Matta, Elisabetta Giorgini, Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta, *Environment International*, Volume 146, 2021, 106274,

Zhang Junjie, Lei Wang, Leonardo Trasande, and Kurunthachalam Kannan. Occurrence of Polyethylene Terephthalate and Polycarbonate Microplastics in Infant and Adult Feces *Environmental Science & Technology Letters* 2021 8 (11), 989-994 DOI: 10.1021/acs.estlett.1c00559