

LIFE MUSCLES

Life MUssel Sustainable production (re)cyCLES

1

LIFE20 ENV/IT/000570

Data di inizio progetto	1 Ottobre 2021
Data di fine progetto	30 Settembre 2025
Durata	48 mesi

Dettagli del Deliverable

Numero e titolo Deliverable	Deliverable B.5.1 Definition of the background data of the environmental status of the pilot sites before the application of the experimental socks
Numero e titolo Azione	Azione B.5 - Microplastics monitoring of water column and organisms analysis
Lead beneficiary	Università degli Studi di Siena (UNISI)
Data di scadenza consegna	31 Marzo 2023
Data effettiva di consegna	29 Maggio 2023
Livello di divulgazione	Confidenziale

Sommario

Abstract	3
1. Introduzione	4
2. Obiettivo	5
3. Metodologia	6
4. Risultati e discussione	9
5. Conclusioni	13
6. Bibliografia	13

Abstract

Microplastics are widespread in marine environment across the water column. Anthropogenic activities, including fisheries and aquaculture, can be a source of plastic pollution and, consequentially, microplastics. In the Life MUSCLES project, an assessment of the abundance and characterization of microplastics in the waters of the two pilot sites (La Spezia and Capoiale) will be performed before, during and after the implementation of the actions of the project. On this regard, the first monitoring has been carried out to obtain background data on the environmental data in the target areas. Superficial microplastics have been sampled with a WP2 net and water-column microplastics have been sampled by using a filtering apparatus with a water pump. The results show that floating microplastic concentrations are higher in Capoiale ($44.401,42 \pm 8.541,44$ items/km²) than in La Spezia ($13.591,12 \pm 10.583,21$ items/km²). The concentration detected, however, are lower than the mean concentration in the Mediterranean Sea ($216,399 \pm 284,360$ items/km²) and those measured in the Ligurian Sea (125.930 ± 132.485 items/km²) and Adriatic Sea (315.009 ± 568.578 items/km²). Regarding microplastics in the water-column, instead, a higher value has been found in La Spezia. This different accumulation patterns could be due to currents which are different in the two areas and to the different sources of microplastics in the areas as well as to the different rate of accumulation in the surface and water column of the particles, also related to the shape of the microparticles. The particles found, especially in the water column, are mostly microfibers of both synthetic and natural (such as cotton or cellulose). This result could suggest a possible input from the activities occurring in the Gulf of La Spezia, where urban wastewater plants, industrial activities and maritime activities are higher compared to the Gargano area. By analyzing the polymer of the microparticles found, the predominant polymer in the samples is not polypropylene (used for conventional mussel socks), suggesting that the sources of microplastic contamination in the two areas are not exclusively from the degradation of mussel socks currently in use at the mussel farm facilities. Further monitoring will be conducted during the project implementation to assess the impact of new materials used in the two pilot plants.

1. Introduzione

Il Mar Mediterraneo è un bacino semichiuso, che risente di forti stress dovuti alla presenza di numerose attività antropiche essendo densamente popolato, tra le quali troviamo intense attività di pesca e acquacoltura, di navigazione, turistiche e industriali, che stanno portando ad un forte accumulo di *marine litter* causato anche dal limitato deflusso delle acque, tanto che esso viene considerato come il sesto hotspot mondiale di accumulo di rifiuti marini (Cózar et al., 2015; Suaria et al., 2016; van Sebille et al., 2015)

Come qualsiasi altra industria, l'acquacoltura fa un ampio uso di plastica sia nelle attrezzature che per l'imballaggio dei prodotti. Infatti, la plastica è un eccellente materiale per l'uso in un ambiente acquatico ostile, dove resistenza all'abrasione, durata e resistenza alla ruggine migliorano la longevità e l'affidabilità delle attrezzature, e la sua natura leggera ne riduce le difficoltà di manipolazione e i costi. Vi sono, però, molteplici cause che portano alla perdita di materiali plastici utilizzati in acquacoltura nell'ambiente e dipendono sia dal tipo di allevamento praticato, inclusa la logistica dell'impianto e la preparazione e sensibilità del personale coinvolto, che dal verificarsi di eventi meteorologici estremi che si verificano sempre più frequentemente.

La dispersione delle reti da mitilicoltura e la loro degradazione e frammentazione, può essere una fonte di microplastiche nella colonna d'acqua. Inoltre, gli impianti di mitilicoltura selezionati si trovano in ambienti naturali e sono perciò esposti alle correnti marine al trasporto di macro e microplastiche nelle aree nelle quali sono operanti gli allevamenti.

Le microplastiche sono definite come frammenti di forma variabile (es. pellet, frammenti, fibre, film) (Klein et al., 2015) e di composizione plastica, aventi una dimensione inferiore ai 5 mm (Ryan et al., 2009). Possono essere classificate in primarie quando vengono prodotte con tale dimensione, o in secondarie quando derivano dalla frammentazione di oggetti di plastica di dimensioni maggiori (GESAMP, 2015). Rientrano nella categoria delle microplastiche primarie, ad esempio, le microsferiche e i pellets utilizzati in prodotti cosmetici e per la cura personale, nei farmaci e nei prodotti industriali (Auta et al., 2017). Una particolare categoria di microplastiche è quella delle microfibre, particelle aventi diametro inferiore ai 50 µm e lunghezza compresa tra 1 µm e 5 mm. Queste possono essere distinte in naturali e artificiali (Liu et al., 2019). Appartengono alla classe di fibre naturali (di origine animale o vegetale) il cotone, il lino, la lana e la seta, mentre la classe delle fibre artificiali può essere

distinta in sintetiche (quali nylon, poliestere, acrilico, ecc.) e semisintetiche, ovvero fibre di cellulosa rigenerate alle quali vengono aggiunti additivi chimici che ne determinano la classificazione tra i contaminanti plastici, come la viscosa, il rayon, modal e lyocell (de Falco et al., 2019; Liu et al., 2019; Peng et al., 2020; Qu et al., 2018). Esse rappresentano un contaminante emergente e possono essere rilasciate in ambiente da vari prodotti tessili, filtri per sigarette, utilizzo delle reti da pesca, ecc., durante i vari processi di produzione, uso (compreso il lavaggio degli indumenti; (Athey et al., 2020)) e smaltimento dei materiali (Henry et al., 2019; Liu et al., 2019; Mishra et al., 2019). Nella revisione di Santini e collaboratori (2022) si evidenzia come la presenza di microfibre sia molto abbondante a livello del Mar Mediterraneo andando a rappresentare il 47% delle microplastiche ritrovate sia nel biota che nell'acqua; una delle fibre semisintetiche maggiormente presente in colonna d'acqua è il rayon, che ritroviamo in tantissimi prodotti, che vanno dai filtri delle sigarette, ai prodotti per l'igiene personale (salviettine intime) all'abbigliamento (Lusher et al., 2013; Obbard et al., 2014), mentre le fibre di cellulosa sia naturali che rigenerate sono quelle maggiormente ritrovate nel biota marino (Santini et al., 2022).

2. Obiettivo

Il principale obiettivo dell'azione B.5.1 è quello di analizzare le microplastiche disperse in colonna d'acqua nei due siti pilota (La Spezia e Gargano Nord) per verificare i livelli di *background* di contaminazione delle due aree prima dell'implementazione delle azioni del progetto e verificare, successivamente, la potenziale presenza di frammenti di PP e BP dovuti alla degradazione delle calze durante il ciclo produttivo.

Nonostante la recente crescita dell'uso dei biopolimeri, un'adeguata conoscenza del possibile rilascio di microparticelle e di altri prodotti di degradazione da parte dei biopolimeri si rende necessaria come anche la valutazione di altri prodotti di degradazione dei biopolimeri e delle calze convenzionali nell'ambiente durante il ciclo di vita dei molluschi.

3. Metodologia

Aree di campionamento

Le aree di campionamento sono state selezionate in base alla localizzazione dei due siti pilota che si trovano nel Golfo di La Spezia e davanti alle coste del Gargano. I campioni sono stati prelevati all'interno dei siti di mitilicoltura (Fig. 1). I campionamenti sono stati effettuati in data 25/01/2023 presso l'impianto nel Gargano di Ittica del Giudice e il 02/02/2023 presso l'impianto situato nel Golfo di La Spezia dei Mitilicoltori Spezzini.



Figura 1. Localizzazione dei due siti pilota.

Campionamento microplastiche superficiali

Il campionamento di microplastiche galleggianti è stato effettuato utilizzando un retino da plancton tipo "WP2" caratterizzato da un'apertura della bocca di 57 x 57 cm (Fig. 2), da una rete con vuoto di maglia pari a 200 µm ed equipaggiato con un flussimetro meccanico per la stima dei m² di acqua filtrata. Per ogni retinata è stata compilata una scheda di campionamento, riportante la data, l'ora, le coordinate geografiche di inizio e fine, le condizioni meteo-marine.

Il retino è stato calato in mare e posto dietro all'imbarcazione, facendo attenzione ad evitare che le turbolenze indotte dalla scia della nave influenzassero la raccolta dei campioni, e trainato per 30 minuti ad una velocità compresa tra 2 e 3 nodi. Al termine di ogni campionamento, il retino è stato issato a bordo e lavato con un getto di acqua di mare a pressione dalla bocca verso il bicchiere per far convogliare in quest'ultimo tutto il materiale raccolto. Il campione ottenuto è stato in alcool per le successive analisi di laboratorio.



Figura 2. Retino WP2 e uno dei campioni prelevati nell'impianto situato Golfo di La Spezia con l'ausilio dei Mitilicoltori Spezzini.

Campionamento microplastiche in colonna d'acqua

Per l'analisi delle microplastiche in colonna d'acqua è stato utilizzato un apparato di filtrazione collegato ad una pompa idraulica e composto da filtri con tre diversi vuoti di maglia (20 μm , 50 μm , 100 μm ; Fig. 3). L'acqua è stata campionata per 30 minuti ad una profondità di 10 m e per un volume pari a 300-400 litri. I campioni ottenuti dai diversi filtri sono stati conservati in tre diversi contenitori per le successive analisi di laboratorio.



Figura 3. Apparato di filtrazione per il campionamento in colonna d'acqua.

Analisi di laboratorio

I campioni raccolti sono stati analizzati in laboratorio e caratterizzati con un protocollo standardizzato che segue le linee guida fornite dal protocollo d'intesa ministeriale adottato nell'ambito dell'attuazione della *Marine Strategy Framework Directive*. I campioni sono stati filtrati attraverso un filtro avente lo stesso vuoto di maglia del retino utilizzato durante le fasi di campionamento, al fine di rendere più facile il riconoscimento e la selezione delle particelle di plastica. Utilizzando uno stereo-microscopio Stereo Zoom NBS (mod. NBS-STMDLX-T) dotato di luce al LED, le microplastiche presenti in ciascun campione sono state isolate in una piastra Petri di vetro e lasciate asciugare a temperatura ambiente per una notte. Ogni piastra Petri è stata poi fotografata in modo da poter procedere all'analisi di immagine utilizzando il *software ImageJ* (Fiji).

Le particelle isolate dai campioni sono state suddivise in diverse categorie dimensionali (range da 0,020 a 5 mm). Successivamente le particelle sono state categorizzate in base alla forma (frammento, filamento, foglio, *microbeads*, *pellet* e *foam*) e al colore (trasparente, bianco, opaco, blu, verde, giallo, rosso, marrone, rosa, grigio, nero). Un'ulteriore analisi è stata effettuata valutando la composizione chimica relativa al 10% delle microplastiche isolate, selezionate proporzionalmente in base all'abbondanza relativa in ogni campione delle diverse classi dimensionali, forma e colore. La tecnica utilizzata è quella della *Fourier transform infrared spectroscopy* (FT-IR), che sfrutta l'interazione tra la radiazione infrarossa ed il polimero di cui le microplastiche si compongono. Ciascuna particella è stata posizionata all'interno della cella di compressione dello spettrometro *Agilent Cary 630* e scansionata in modalità trasmissione con una risoluzione di 4 cm^{-1} per 16 volte ottenendo così il relativo spettro. Per le analisi degli spettri è stato utilizzato il *software Agilent Micro Lab FTIR*. Per le particelle più piccole di 0,2 mm è stato utilizzato il microFTIR Nicolet iN10 (Thermo Scientific). Per l'identificazione del polimero è stato prima effettuato un confronto con tre diversi *database* grazie ad algoritmi di somiglianza presenti all'interno della libreria. Solo i risultati che mostravano una sovrapposizione superiore all'80% sono stati accettati (Baini et al., 2018).

4. Risultati e discussione

Microplastiche superficiali

I campioni sono stati analizzati valutando le concentrazioni e le caratteristiche delle microplastiche galleggianti sulla superficie del mare e quelle presenti in colonna d'acqua, campionate con le due diverse metodologie.

Le concentrazioni delle microplastiche superficiali risultano più elevate a Capoiale ($44.401,42 \pm 8.541,44$ items/km²) rispetto a La Spezia ($13.591,12 \pm 10.583,21$ items/km²). Le concentrazioni rilevate sono molto inferiori a quelle medie misurate nel Mar Ligure (125.930 ± 132.485 items/km²; Pedrotti et al., 2016) e nel Mar Adriatico (315.009 ± 568.578 items/km²; Zeri et al., 2018).

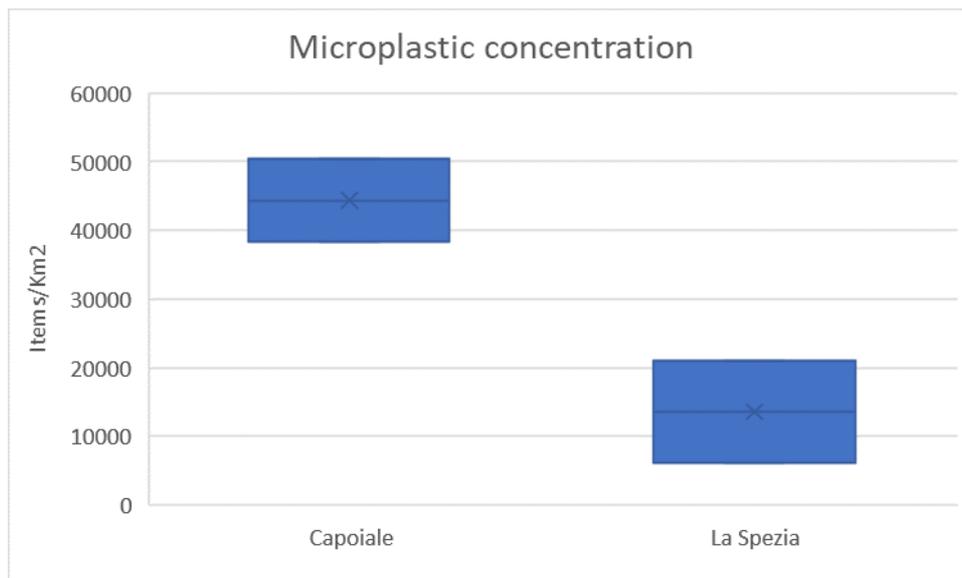


Figura 4. Concentrazioni di microplastiche superficiali nei due siti pilota.

La caratterizzazione delle particelle ha evidenziato come le microplastiche con dimensioni comprese tra 1 e 5 mm siano le più abbondanti nelle due aree di studio andando a comporre più dell'80% delle microplastiche in entrambe le aree (Fig. 5). Analizzando la tipologia delle particelle, emerge come i frammenti siano la forma più abbondante sia a Capoiale (73%) che a La Spezia (80%) seguiti dai film e dai filamenti (Fig. 5).

Questi risultati sono in linea con altri studi condotti nel Mar Mediterraneo (Baini et al., 2018; Compa et al., 2020; Suaria et al., 2016) e in altri oceani (Cózar et al. 2014; Eriksen et al., 2013; Lusher et al.,

2014) e confermano come le microplastiche secondarie siano le più diffuse in ambiente marino e derivino dalla frammentazione di oggetti di più grandi. Per quanto riguarda i colori delle microplastiche, si osserva una situazione diversa nelle due aree di studio, in Puglia sono predominanti le particelle trasparenti, mentre in Liguria sono le particelle bianche o opache le preponderanti (Fig. 5).

L'analisi della composizione polimerica delle microplastiche ha mostrato come le particelle siano composte per la maggior parte da polietilene ed in minor misura da polipropilene in entrambe le aree (Fig. 5).

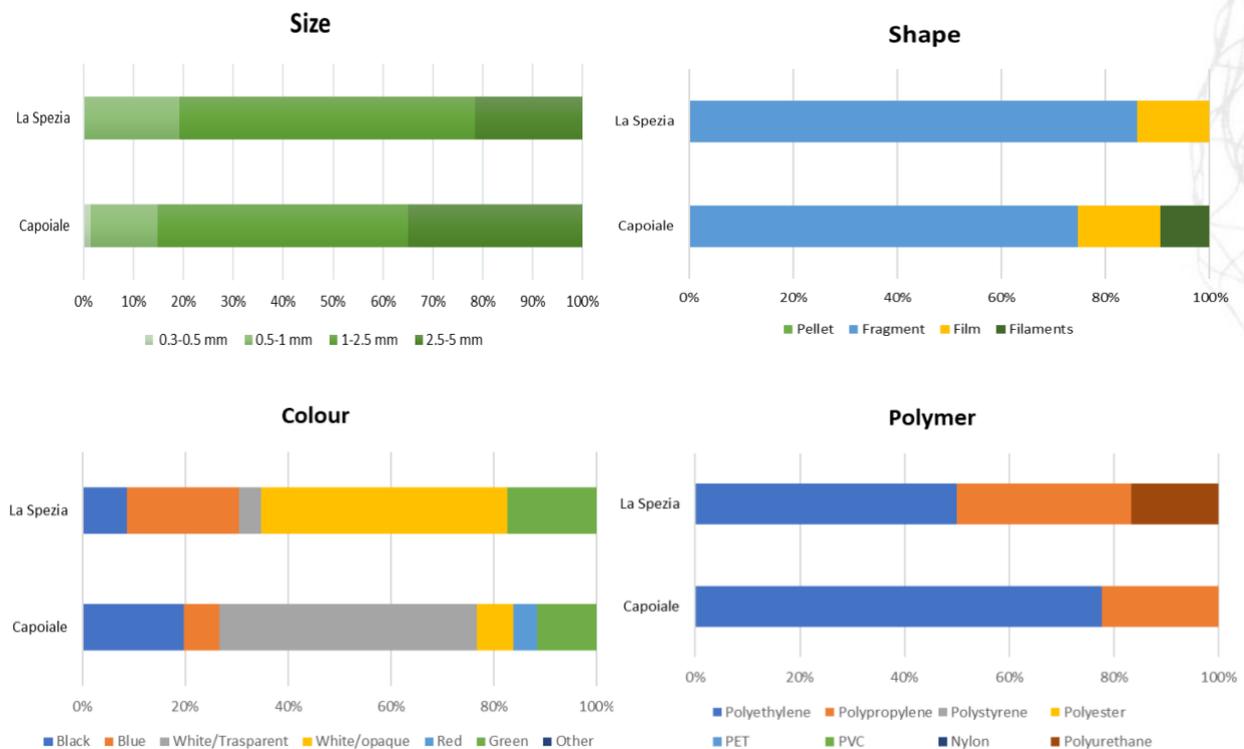


Figura 5. Caratterizzazione delle microplastiche superficiali campionate nei due siti pilota in base a dimensione, forma, colore e polimero.

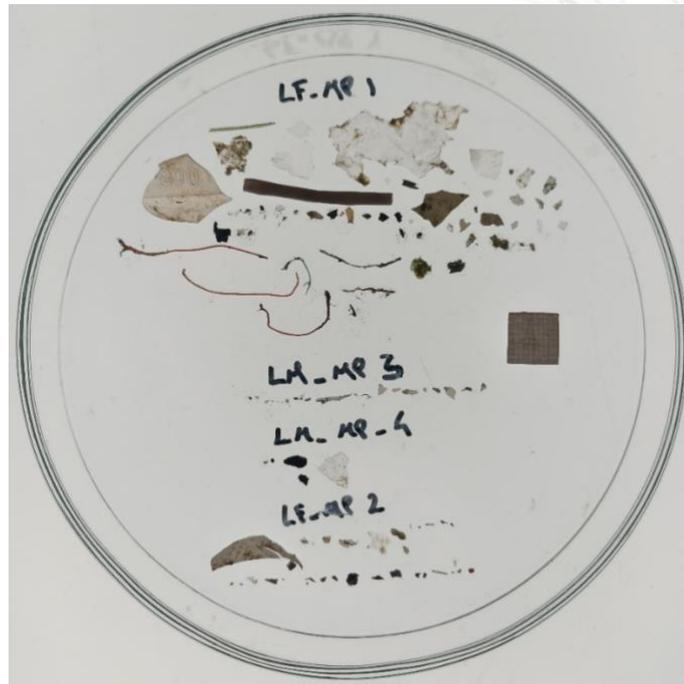


Figura 6. Microplastiche isolate dai campioni superficiali prelevati nelle due aree di studio.

Microplastiche in colonna d'acqua

Per quanto riguarda le microplastiche in colonna d'acqua le concentrazioni differiscono tra le due aree pilota. Nello specifico, la concentrazione di MP a La Spezia risulta di 1.307 items/m³ mentre a Capoiale è di 268 items/m³. Questo risultato è in contrasto con quanto verificato per le microplastiche galleggianti campionate sulla superficie del mare, tuttavia, data la diversa tipologia di microplastiche campionate, rappresentato principalmente da fibre nella colonna d'acqua (Fig. 7; Fig. 8), il risultato non sorprende poiché l'impianto di La Spezia è situato in un'area contigua a centri urbani e interessata da un elevato traffico marittimo e attività di tipo industriale. Tutte queste attività, in particolare gli scarichi urbani, possono essere fonte di microfibre (Concato et al., 2023). Le dimensioni più frequenti sono quelle comprese tra 0.3 e 2,5 mm in entrambe le aree. Le fibre ritrovate sono principalmente di colore nero, blue e rosso. Per quanto riguarda i polimeri si ritrova una vasta gamma di polimeri sia sintetici che semisintetici e naturali (come per esempio cellulosa e cotone), con un *fingerprint* diverso tra le due aree (Fig. 7), probabilmente dovuto alle diverse sorgenti di contaminazione nelle due aree.

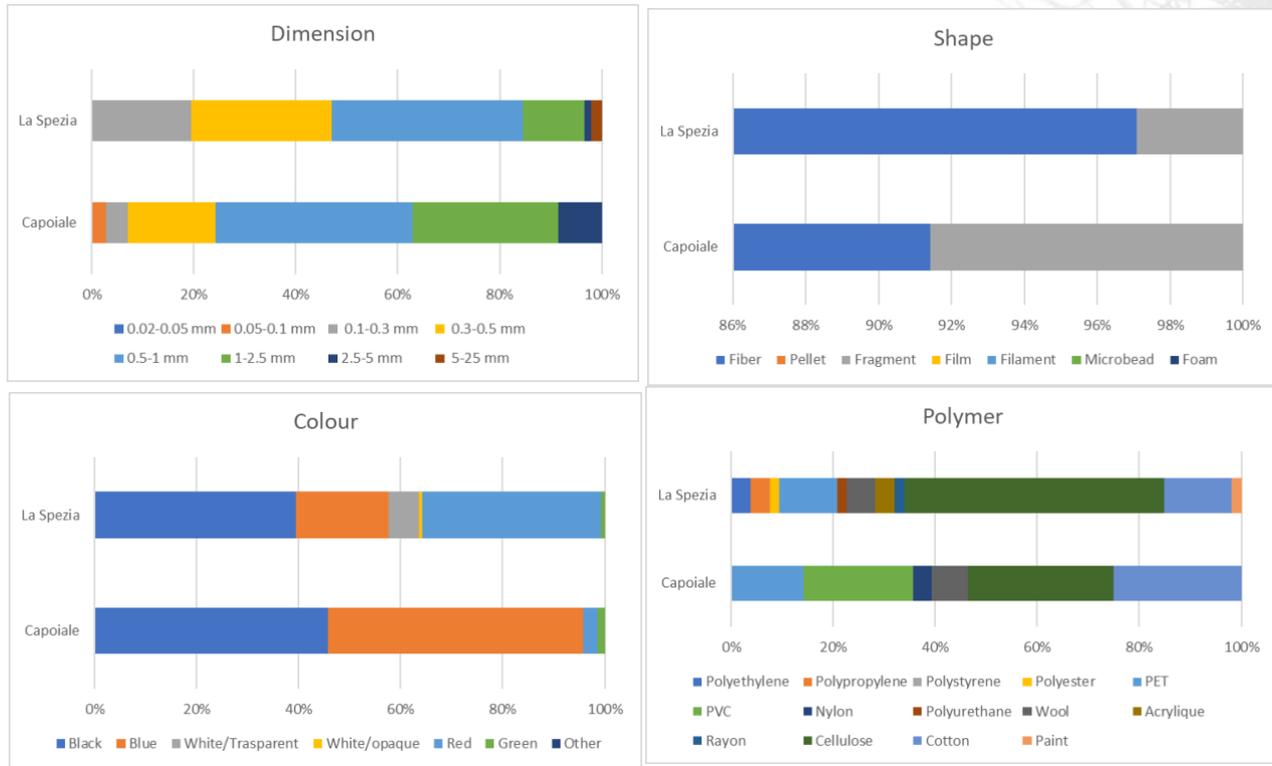


Figura 7. Caratterizzazione delle microplastiche in colonna d'acqua campionate nei due siti pilota in base a dimensione, forma, colore e polimero.

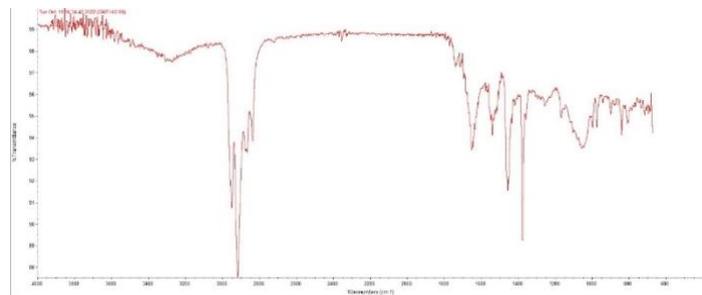


Figura 8. Esempio di campione risultante dalla filtrazione dell'acqua a 10 m di profondità. Si notano fibre e frammenti. Esempio di spettro del polipropilene acquisito mediante micro-FTIR iN10 Nicolet (Thermo Fisher).

5. Conclusioni

Le prime analisi condotte per il monitoraggio delle microplastiche superficiali ed in colonna d'acqua nei due siti dove sono posti gli impianti pilota si sono rese necessarie per definire i valori basali di contaminazione nelle due aree di interesse. Questo consentirà di valutare l'eventuale rilascio delle microplastiche da parte delle reti in biopolimero e in polipropilene riciclato in seguito alla messa in opera delle calze sperimentali in biopolimero e polipropilene riciclato.

Dalle analisi, sia per La Spezia che per Capoiale, le concentrazioni di microplastiche superficiali sono risultate inferiori a quelle medie del Mar Mediterraneo. Dati di letteratura sulla colonna d'acqua sono molto scarsi e non è possibile effettuare ad oggi dei confronti.

Le particelle ritrovate, soprattutto in colonna d'acqua, sono per lo più microfibre sia di natura sintetica ma anche naturale (come cotone o cellulosa).

Il fatto che il polimero predominante nei campioni non sia rappresentato dal polipropilene, lascia supporre che le fonti di contaminazione da microplastiche nelle due aree non derivino esclusivamente dalla degradazione delle calze per le cozze attualmente in uso negli impianti.

Ulteriori monitoraggi saranno svolti durante l'implementazione del progetto per valutare l'impatto dei nuovi materiali utilizzati nei due impianti pilota.

6. Bibliografia

Athey, S. N., Adams, J. K., Erdle, L. M., Jantunen, L. M., Helm, P. A., Finkelstein, S. A., & Diamond, M. L. (2020). The Widespread Environmental Footprint of Indigo Denim Microfibers from Blue Jeans. *Environmental Science & Technology Letters*, 7(11), 840–847. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00498>

Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>

Baini, M., Fossi, M.C., Galli, M., Caliani, I., Campani, T., Finioia, M.G., Panti, C., 2018. Abundance and characterization of microplastics in the coastal waters of Tuscany (Italy): The application of the MSFD monitoring protocol in the Mediterranean Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 133, 543–552. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.016>

Compa, M., Alomar, C., Mourre, B., March, D., Tintoré, J., Deudero, S., 2020. Nearshore spatio-temporal sea surface trawls of plastic debris in the Balearic Islands. *Mar. Environ. Res.* 158, 104945. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104945>

Concato, M., Panti, C., Baini, M., Galli, M., Giani, D., Fossi, M. C. (2023). Detection of anthropogenic fibres in marine organisms: Knowledge gaps and methodological issues. *Marine Pollution Bulletin*, 191, 114949.

Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., Palma T.A., Navarro S., García-de-Lomas J., Ruiz A., Fernández-de-Puelles M.L., Duarte, C. M. 2014., Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), 10239-10244

Cózar, A., Sanz-Martín, M., Martí, E., González-Gordillo, J.I., Ubeda, B., Gálvez, J.Á., Irigoien, X., Duarte, C.M., 2015. Plastic Accumulation in the Mediterranean Sea. *PLOS ONE* 10, e0121762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121762>

de Falco, F., di Pace, E., Cocca, M., & Avella, M. (2019). The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Scientific Reports* 2019 9:1, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43023-x>

GESAMP. (2015). “Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment” (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p. Science for Sustainable Oceans. www.imo.org

Henry, B., Laitala, K., & Klepp, I. G. (2019). Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment. *Science of The Total Environment*, 652, 483–494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.166>

Klein, S., Worch, E., & Knepper, T. P. (2015). Occurrence and Spatial Distribution of Microplastics in River Shore Sediments of the Rhine-Main Area in Germany. *Environmental Science & Technology*, 49(10), 6070–6076. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00492>

Liu, J., Yang, Y., Ding, J., Zhu, B., & Gao, W. (2019). Microfibers: a preliminary discussion on their definition and sources. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(28), 29497–29501. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06265-w>

Lusher, A. L., McHugh, M., & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1–2), 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>

Mishra, S., Rath, C. charan, & Das, A. P. (2019). Marine microfiber pollution: A review on present status and future challenges. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 188–197. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.039>

Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I., & Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth’s Future*, 2(6), 315–320. <https://doi.org/10.1002/2014ef000240>

Pedrotti, M.L., Petit, S., Elineau, A., Bruzard, S., Crebassa, J.C., Dumontet, B., Martí, E., Gorsky, G., Cózar, A., 2016. Changes in the floating plastic pollution of the Mediterranean sea in relation to the distance to land. *PLoS One* 11, 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161581>

Peng, G., Bellerby, R., Zhang, F., Sun, X., & Li, D. (2020). The ocean’s ultimate trashcan: Hadal trenches as major depositories for plastic pollution. *Water Research*, 168, 115121. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115121>

Qu, X., Su, L., Li, H., Liang, M., & Shi, H. (2018). Assessing the relationship between the abundance and properties of microplastics in water and in mussels. *Science of The Total Environment*, 621, 679–686. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.284>

Ryan, P. G., Moore, C. J., van Franeker, J. A., & Moloney, C. L. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1999–2012. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0207>

Santini, S., De Beni, E., Martellini, T., Sarti, C., Randazzo, D., Ciruolo, R., Scopetani, C., & Cincinelli, A. (2022). Occurrence of Natural and Synthetic Micro-Fibers in the Mediterranean Sea: A Review. *Toxics*, 10(7), 391. <https://doi.org/10.3390/toxics10070391>

Suaria, G., Avio, C.G., Mineo, A., Lattin, G.L., Magaldi, M.G., Belmonte, G., Moore, C.J., Regoli, F., Aliani, S., 2016. The Mediterranean Plastic Soup: Synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Sci. Rep.* 6, 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep37551>

Van Sebille, E., Aliani, S., Law, K.L., Maximenko, N., Alsina, J.M., Bagaev, A., Bergmann, M., Chapron, B., Chubarenko, I., Cózar, A., Delandmeter, P., Egger, M., Fox-Kemper, B., Garaba, S.P., Goddijn-Murphy, L., Hardesty, B.D., Hoffman, M.J., Isobe, A., Jongedijk, C.E., Kaandorp, M.L.A., Khatmullina, L., Koelmans, A.A., Kukulka, T., Laufkötter, C., Lebreton, L., Lobelle, D., Maes, C., Martinez-Vicente, V., Morales Maqueda, M.A., Poulain-Zarcos, M., Rodríguez, E., Ryan, P.G., Shanks, A.L., Shim, W.J., Suaria, G., Thiel, M., Van Den Bremer, T.S., Wichmann, D., 2020. The physical oceanography of the transport of floating marine debris. *Environ. Res. Lett.* 15. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7d>

Zeri, C., Adamopoulou, A., Bojanić Varezić, D., Fortibuoni, T., Kovač Viršek, M., Kržan, A., Mandić, M., Mazziotti, C., Palatinus, A., Peterlin, M., Prvan, M., Ronchi, F., Siljic, J., Tutman, P., Vlachogianni, T., 2018. Floating plastics in Adriatic waters (Mediterranean Sea): From the macro- to the micro-scale. *Mar. Pollut. Bull.* 136, 341–350. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.016>