

Macro-rifiuti galleggianti nei fiumi: il programma di monitoraggio nazionale di ISPRA per la Strategia Marina

Accordo Operativo MASE/ISPRA

QUADERNI
RICERCA MARINA

19/2024



Macro-rifiuti galleggianti nei fiumi: il programma di monitoraggio nazionale di ISPRA per la Strategia Marina

Accordo Operativo MASE/ISPRA

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Ricerca marina 19/2024
ISBN 978-88-448-1225-6

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Alessia Marinelli - ISPRA – Area Comunicazione Ufficio Grafica

Foto di copertina: Antonella Arcangeli

Foto fiumi: L. Biondini (Fiume Pescara), I. Campana (Fiume Ombrone), S. La Cava (Fiume Neto), N. Palmieri (Fiume Adige, Fiume Po, Fiume Reno), M. Passerini (Fiume Misa), G. Pellegrino (Fiume Simeto), E. Pignata (Fiume Magra), C. Roncari (Fiume Sarno), S. Sgrosso (Fiume Agri)

ISPRA – Area Comunicazione

Coordinamento pubblicazione online

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Autori

Antonella Arcangeli (ISPRA)
Roberto Crosti (ISPRA)
Giuseppe Dodaro (Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile)
Giovanni Manghi (Nauta scientific srl)
Michele Manghi (Nauta scientific srl)
Elena Santini (ISPRA)
Cecilia Silvestri (ISPRA)
Flaminia Squitieri (Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile)

Personale tecnico-scientifico MASE per l'Accordo Operativo MASE/ISPRA

Gaia Bonanno, Roberto Giangreco, Annalisa Patania e Simona Rossi (DiAG-PNM 7)

Personale tecnico-amministrativo di ISPRA che ha seguito l'affidamento

Marica Federici, Lucia Gigante e Edoardo Filippo Pappalardo (BIO-DIR);
Cristian Colagrossi, Pietro Manna e Marialucia Serafini (AGP-GAR).

Supporto paragrafo "Confronto con i macro-rifiuti galleggianti costieri ed offshore"

Eugenia Pasanisi

Rilevatori sul campo

Antonella Arcangeli
Luca Biondini
Ilaria Campana
Roberto Crosti
Giuseppe Dodaro
Costanza Guidi
Michele Intoccia
Sara La Cava
Marco Monaci
Niccolò Palmieri
Miriam Paraboschi
Milena Passerini
Giuliana Pellegrino
Eleonora Pignata
Giuseppe Rijllo
Chiara Roncari
Elena Santini
Silvia Sgrosso

Referee

Martina Bussetini (ISPRA)

Georg Hanke (EU-JRC)

Silvia Merlino (CNR-ISMAR)

Editori

Roberto Crosti & Flaminia Squitieri

Citazione

Arcangeli A., Crosti R., Dodaro G., Manghi G., Manghi M., Santini E., Silvestri C., Squitieri F. (2024). Macro-rifiuti galleggianti nei fiumi: il programma di monitoraggio nazionale di ISPRA per la Strategia Marina. Quaderni ISPRA - Ricerca marina 19/2024 Roma.

Accordo Operativo

I contenuti del Quaderno sono redatti per l'attuazione dell'Accordo Operativo MASE/ISPRA sottoscritto in data 28.01.2021 per il programma di monitoraggio di macro-rifiuti galleggianti sui fiumi in stazioni prossime al mare (Descrittore D 10 - programma di monitoraggio 06).

Sommario

Premessa	6
La problematica del <i>marine litter</i>	7
Macro-rifiuti galleggianti nei fiumi alla foce: il programma di monitoraggio nazionale di ISPRA per la Strategia Marina	10
Introduzione	11
Monitoraggio dei macro-rifiuti galleggianti attraverso visual census	13
Metodi	13
Risultati	19
<i>Fiume Adige</i>	20
<i>Fiume Agri</i>	22
<i>Fiume Magra</i>	24
<i>Fiume Misa</i>	26
<i>Fiume Neto</i>	28
<i>Fiume Ombrone</i>	30
<i>Fiume Pescara</i>	32
<i>Fiume Po</i>	34
<i>Fiume Reno</i>	36
<i>Fiume Sarno</i>	38
<i>Fiume Simeto</i>	40
<i>Fiume Tevere</i>	42
Confronto con i macro-rifiuti galleggianti costieri ed offshore	44
Analisi del comportamento dei rifiuti galleggianti con tracking satellitare	47
Metodi	47
Risultati	51
<i>Fiume Adige</i>	52
<i>Fiume Neto</i>	53
<i>Fiume Ombrone</i>	54

<i>Fiume Po</i>	55
<i>Fiume Tevere</i>	56
<i>Fiume Magra</i>	58
<i>Fiume Pescara</i>	59
<i>Fiume Simeto</i>	60
<i>Tracciatori in mare</i>	61
Discussione	68
Conclusioni	72
Bibliografia	74

Premessa

con la collaborazione del MASE

I rifiuti marini sono definiti come un qualsiasi materiale solido persistente, fabbricato o trasformato e in seguito scartato, eliminato, abbandonato o perso in ambiente marino e costiero. La loro presenza in tutti i comparti marini (lungo le spiagge, sul fondo del mare, in galleggiamento e nella colonna d'acqua) può determinare conseguenze negative sia per gli ecosistemi marini sia per la salute umana, oltre ad avere un impatto su quelle attività antropiche che fanno affidamento sul buono stato del mare e delle coste, come ad esempio il turismo e la pesca.

Grazie alla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (Water Framework Directive - WFD), che rappresenta la norma principale per la tutela e gestione sostenibile dei corpi idrici alla scala di bacino, *from source to sea*, con un approccio pianificatorio adattivo e ciclico, e alla Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE (*Marine Strategy Framework Directive* - MSFD), nel seguito "Direttiva", che rafforza ed estende l'impegno sostenuto dall'Europa in termini di *governance*, competenze e risorse economiche dedicate al mare, si sta affrontando il problema dei rifiuti marini attraverso un percorso unico, vincolante e comparabile. Il percorso di applicazione di questa importante direttiva in Italia è coordinato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), e vede il coinvolgimento del Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale - costituito da ISPRA e dalle ARPA - nonché dei rappresentanti delle amministrazioni centrali, delle Regioni e degli enti locali e di numerosi altri soggetti per gli aspetti tecnico/scientifici e le ricadute socio-economiche. La Direttiva, recepita in Italia con il D.lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010, rappresenta quindi uno specifico strumento normativo vincolante per gli Stati Membri che considera l'ambiente marino in un'ottica ecosistemica. Basata su un approccio adattivo, la Direttiva prevede periodiche revisioni in merito all'efficacia delle politiche attuate e si implementa attraverso cicli di 6 anni che comprendono valutazioni periodiche dell'ambiente marino. Le valutazioni si basano su 11 descrittori qualitativi, attraverso la definizione di traguardi ambientali da conseguire e di programmi di Monitoraggio per l'attuazione di misure volte a migliorare lo stato delle acque marine.

Fra questi descrittori, il descrittore 10 prevede che le proprietà e le quantità di rifiuti marini non provochino danni all'ambiente costiero e marino. L'Italia effettua dal 2015 un intenso programma di monitoraggio dei rifiuti marini. Per definire il buono stato ambientale in riferimento al Descrittore 10 con 6 programmi di monitoraggio, organizzati a livello delle "sottoregioni marine" individuate dalla MSFD (Mar Mediterraneo Occidentale, Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale, Mare Adriatico), sia per valutare la composizione, la quantità e la distribuzione dei rifiuti e dei microrifiuti sul litorale, nello strato superficiale della colonna d'acqua e nei sedimenti del fondale (compresa la foce dei fiumi), sia per valutare l'impatto dei rifiuti ingeriti da organismi marini, utilizzando come bioindicatore la tartaruga marina *Caretta caretta* e realizzando mappe di rischio di esposizione.

In questo contesto, giunti al secondo ciclo dei programmi di Monitoraggio, è oggi possibile ricavare una prima base conoscitiva di riferimento sulla quantità dei rifiuti marini. I dati ottenuti dal programma di monitoraggio mostrano valori di abbondanza dei rifiuti marini comparabili a quelli riscontrati da altri paesi del Mediterraneo, confermando la natura transfrontaliera della problematica, che necessita pertanto di una stretta ed efficace attività di cooperazione regionale per essere affrontata adeguatamente.

Pertanto, nel panorama politico e giuridico per la protezione della biodiversità marina, risultano di fondamentale importanza gli impegni internazionali assunti dai Paesi mediterranei e dalla Unione Europea come la Convenzione di Barcellona per la protezione del Mar Mediterraneo dall'inquinamento. Risulta altresì fondamentale, per tali suddette finalità, un continuo raccordo tra la pianificazione di bacino prevista dalla WFD e quella prevista dalla MSFD. Queste azioni devono essere condotte in stretto coordinamento con i paesi limitrofi a livello di bacino mediterraneo, non solo per la standardizzazione delle metodologie, ma per indirizzare corrette ed efficaci politiche ambientali.

La problematica del *marine litter*

Il problema crescente del *marine litter* (rifiuti marini) rappresenta una sfida ambientale di portata globale, con gravi conseguenze sulla conservazione degli ecosistemi, sulla biodiversità e sulle attività economiche come la pesca, il turismo e il trasporto marittimo (UNEP, 2021). Gli impatti ecologici sono particolarmente rilevanti e comprendono il decesso di esemplari di fauna marina per intrappolamento e/o ingestione, i danni fisici sugli organismi marini, l'intossicazione da sostanze chimiche, il contributo alla diffusione di specie aliene.

Di conseguenza, a livello internazionale negli ultimi anni sono state avviate numerose iniziative politiche e scientifiche finalizzate a contrastare l'accumulo di rifiuti nei mari e negli oceani. L'impegno dell'Italia, sia a livello regionale che globale, in quest'ambito è consistente attraverso la partecipazione a diversi tavoli tecnici e con il coinvolgimento in numerose azioni di *governance*.

In questo contesto, i Paesi del Mediterraneo e la Commissione Europea hanno approvato il Piano di Azione del Mediterraneo (*Mediterranean Action Plan – MAP*) per favorire la cooperazione sulle maggiori sfide ambientali e assistere i Paesi del Mediterraneo nella elaborazione di politiche ambientali, strategie e programmi sulla lotta all'inquinamento marino, tra cui i rifiuti marini. Da queste fondamenta è nata la Convenzione di Barcellona sulla protezione dell'ambiente marino e costiero del Mediterraneo.

Nell'ambito della Convenzione di Barcellona il Ministero dell'Ambiente ha sottoscritto il 14 settembre 2016 un Accordo di Cooperazione bilaterale (*Memorandum of Understanding*) con il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) per favorire la collaborazione sui temi di comune interesse per la tutela del Mediterraneo. Nel *Memorandum of Understanding* sono stati individuati quattro temi strategici tra cui il "Rafforzamento della gestione dei rifiuti marini" per il quale erano previste la sperimentazione delle *best practice*

del *fishing for litter* “passivo” (raccolta di rifiuti marini durante le normali attività di pesca) e di misure collegate alla rimozione del litter spiaggiato, nonché attività di sensibilizzazione per i fruitori delle Aree Specialmente Protette di Importanza Mediterranea (ASPIM) istituite dalla stessa Convenzione di Barcellona (turisti, pescatori, operatori balneari) e progetti di sostegno ai Paesi del Mare Adriatico per sviluppare un quadro normativo contro l’utilizzo di contenitori in plastica monouso.

Nel panorama delle politiche globali, invece, nel marzo 2022, è stata adottata la Risoluzione UNEP/EA.5/Res.14 dal titolo “*End plastic pollution: Towards an international legally binding instrument*”, che si pone l’obiettivo di definire un nuovo accordo internazionale giuridicamente vincolante per combattere i gravi problemi ambientali e sociali posti da questa forma di inquinamento.

L’orientamento è di individuare norme vincolanti (con particolare riguardo ai materiali pericolosi, tossici e direttamente dannosi per la salute e alla plastica mono uso), misure volontarie e regole di controllo e relativi strumenti di attuazione attraverso l’adozione di un nuovo strumento internazionale (*Global Plastic Agreement*, GPA). In tale contesto il Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica partecipa in prima linea a livello tecnico ai lavori del Comitato Internazionale e attraverso riunioni di coordinamento inter-direzionali, con esperti delle Direzioni Generali Attività Europee e Internazionali (AEI), Patrimonio Naturalistico e Mare (PNM) ed Economia Circolare (EC), competenti per materia.

L’Unione Europea sta producendo grossi sforzi per raggiungere l’obiettivo di riduzione della quantità di rifiuti nei propri mari, anche attraverso l’introduzione di diverse normative in materia. La Direttiva Quadro sulla Strategia Marina dichiara che il buono stato dell’ambiente del Mediterraneo potrà essere raggiunto solo quando “i rifiuti marini non causeranno più danni alle coste e agli ecosistemi”. Successivamente, la Direttiva UE 2019/904 del Parlamento europeo e del Consiglio sulla riduzione dell’incidenza di determinati prodotti di plastica sull’ambiente (Commissione Europea, 2019) ha integrato le normative precedenti per quanto riguarda le misure di riduzione del consumo, i requisiti sui prodotti, i requisiti di marcatura e la responsabilità estesa del produttore in linea con il principio “chi inquina paga”. La Direttiva si applica ai prodotti di plastica monouso (SUP, *Single-Use Plastics*), ai prodotti di plastica oxodegradabile e agli attrezzi da pesca contenenti plastica (FG, *Fishing Gears*).

Da letteratura scientifica, si ritiene che gran parte di questi rifiuti entri in mare attraverso i corsi d’acqua (Schmidt et al., 2017; Lebreton et al., 2017; González-Fernández et al. 2021, Meijer et al., 2021) ma le loro quantità e la composizione esatta sono ancora scarsamente conosciute. Fino a pochi anni fa, le stime erano basate su modelli matematici che includevano informazioni sulla popolazione, le dimensioni dei bacini idrografici e l’erronea gestione dei rifiuti. Questo ha portato a livello globale a concentrare inizialmente l’attenzione soprattutto sui grandi fiumi, indicando 122 di questi come responsabili del trasporto di circa il 90 % dei rifiuti di plastica che dalle acque interne arrivano a mare (Lebreton et al., 2017). Ricerche successive (González-Fernández et al. 2021, Meijer et al., 2021), che hanno analizzato dati raccolti direttamente in numerosi corpi idrici, hanno,

invece, ridimensionato il ruolo dei corsi d'acqua maggiori, sottolineando il forte contributo di quelli, anche di piccole dimensioni, che attraversano aree urbane densamente popolate.

Anche in Italia sono stati realizzati alcuni studi finalizzati a quantificare il ruolo del reticolo idrografico (Crosti et al., 2018; Campanale et al., 2020; Cesarini et al., 2023) nell'accumulo di *marine litter* a seguito dell'apporto proveniente dai fiumi. I dati finora disponibili si riferiscono a situazioni localizzate e a periodi di tempo limitati. Le dimensioni della problematica rendono necessaria una conoscenza più diffusa e approfondita, attraverso attività di monitoraggio da realizzare con continuità in diversi contesti territoriali. Questo potrà fornire supporto utile per una corretta valutazione dell'efficacia delle normative ambientali e delle misure di prevenzione (González-Fernández & Hanke, 2017).

Macro-rifiuti galleggianti nei fiumi alla foce: il programma di monitoraggio nazionale di ISPRA per la Strategia Marina

Introduzione

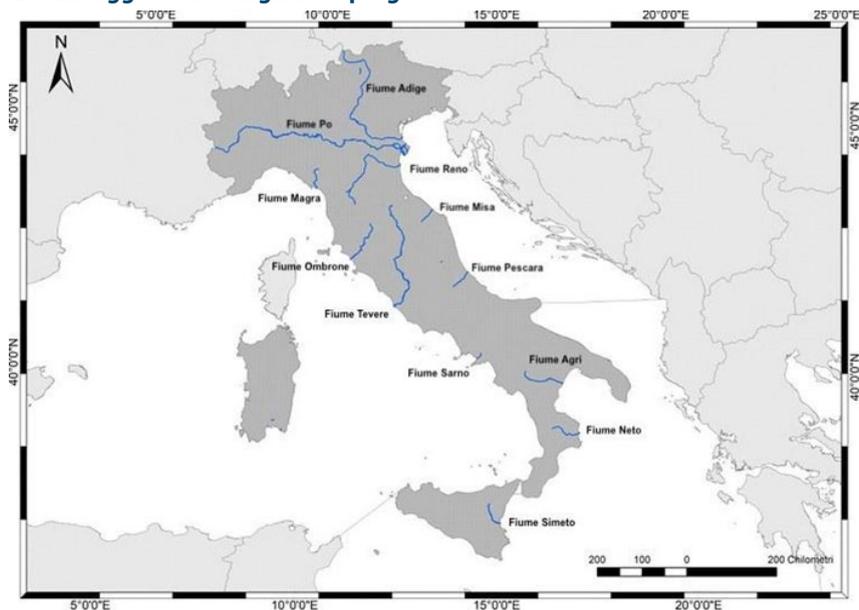
Il progetto ha realizzato un'attività di monitoraggio e di investigazione pilota, sui macro-rifiuti galleggianti trasportati da 12 corsi d'acqua italiani, con stazioni di campionamento situate in prossimità della foce. L'indagine si inserisce all'interno dell'Accordo Operativo del 18/01/2021 tra il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) ed ISPRA nell'ambito dei monitoraggi per la Direttiva Quadro sulla Strategia Marina. Il progetto è stato coordinato da ISPRA e portato a termine con la collaborazione di Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile e Nauta scientific srl.

Nell'ottica di contribuire all'avvio di azioni volte al raggiungimento del Buono Stato Ambientale per il Mediterraneo, la ricerca sui macro-rifiuti trasportati da alcuni dei fiumi italiani si è posta l'obiettivo generale di aumentare le conoscenze relativamente all'origine e alle modalità di apporto di macro-rifiuti in mare, arricchendo l'esperienza già maturata da ISPRA attraverso l'attività di monitoraggio sistematico dei rifiuti fluviali alla foce del fiume Tevere, iniziata nel 2016 e regolarmente ancora in corso. Il progetto si è incentrato sui macro-rifiuti (oggetti di dimensione > 2.5 cm) galleggianti sia per la loro semplicità di monitoraggio, sia perché riconosciuti - a livello Europeo - come un pertinente e tempestivo indicatore di efficienza ed efficacia dei programmi di misure per la riduzione dei rifiuti.

Attraverso l'utilizzo di protocolli scientifici riconosciuti a livello internazionale, il progetto si è proposto di valutare la quantità e la composizione dei macro-rifiuti che raggiungono il mare attraverso i corsi d'acqua e, applicando una metodologia innovativa con tracciatori GPS, ha inteso studiare le dinamiche di trasporto dei macro-rifiuti da parte dei fiumi.

L'indagine è stata realizzata su 12 fiumi (Figura 1): Adige, Agri, Magra, Misa, Neto, Ombrone, Pescara, Po, Reno, Sarno, Simeto, Tevere.

Fig 1 - I 12 fiumi oggetto di indagine del progetto



La scelta dei fiumi è stata determinata dalla necessità di monitorare le tre sottoregioni marine individuate dalla Direttiva Quadro sulla Strategia Marina: Mar Mediterraneo Occidentale (Regioni da Liguria a Calabria/Sicilia Settentrionale); Mare Adriatico (da Friuli-Venezia Giulia a Puglia orientale); Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale (Sicilia Meridionale, Calabria, Basilicata, Puglia occidentale).

Sebbene in Europa siano diffuse esperienze su singoli fiumi anche a livello di bacino, l'Italia è il primo Paese ad aver strutturato e sistematizzato un monitoraggio così esteso sui fiumi per rispondere alle richieste normative della Direttiva Quadro sulla Strategia Marina. Tutti i risultati del progetto sono pubblicati ed attualmente disponibili alla pagina web:

<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/acque-interne-e-marino-costiere-1/monitoraggio-di-macro-rifiuti-galleggianti-ne-fiumi-alla-foce>.

La pagina rimanda inoltre ad una piattaforma webGIS per la visualizzazione dei dati trasmessi dai tracciatori sui percorsi da loro effettuati.

L'indagine oggetto del progetto è stata condotta attraverso la realizzazione di due attività distinte ma complementari, svolte in parallelo in modo indipendente: l'osservazione visiva dei macro-rifiuti dispersi galleggianti sui 12 fiumi in analisi, tra giugno 2022 e maggio 2023, e l'utilizzo del sistema di tracciamento denominato JunkTrack, tra giugno 2022 e dicembre 2023.

Attraverso l'attività visiva (*visual census*) sono state acquisite informazioni dirette sulla quantità dei macro-rifiuti galleggianti che in ogni stagione vengono veicolati a mare, sulle loro dimensioni, sul tipo di materiali che li compongono e sulla categoria d'uso (il settore produttivo). La sperimentazione realizzata utilizzando il cosiddetto JunkTrack, un sistema di tracciamento GPS costituito da una serie di tracciatori di posizione e un webGIS di corredo per la raccolta e l'elaborazione dei dati, ha permesso di costruire un primo set di informazioni inedite riguardo alle dinamiche di trasporto ed accumulo dei rifiuti dispersi nei corsi d'acqua – evidenziando le condizioni che favoriscono una maggiore mobilitazione – e alle direttrici preferenziali di spostamento una volta giunti a mare.

Monitoraggio dei macro-rifiuti galleggianti attraverso visual census

Metodi

Il monitoraggio dei macro-rifiuti galleggianti, veicolati dai 12 fiumi selezionati, della durata di un anno, è stato realizzato partendo dalla metodologia messa a punto nell'ambito del progetto RIMMEL *"Riverine and Marine floating macro litter Monitoring and Modelling of Environmental Loading"* (JRC Exploratory Research Project) e descritta da González-Fernández and Hanke (2017).

Il protocollo RIMMEL è uno strumento di armonizzazione del monitoraggio dei rifiuti galleggianti sviluppato dal Joint Research Centre della Commissione Europea e prevede la quantificazione del numero di macro-rifiuti, interi o parti di essi di diversa grandezza, che attraversano una prefissata porzione di fiume, in un orizzonte temporale definito.

Il protocollo RIMMEL è stato integrato con alcuni adattamenti apportati da ISPRA per rispondere alle richieste della Strategia Marina. In particolare:

- la striscia di osservazione di ciascun fiume ha coperto tutto o il 50 % della larghezza dell'alveo a partire da una sponda, questo perché la maggior parte dei rifiuti passa nelle vicinanze delle sponde;
- il punto di osservazione non ha superato i 15 metri di altezza rispetto al livello idrico e la larghezza della striscia di osservazione non ha superato i 30 metri. Inoltre, per ogni punto di osservazione, di fatto in base all'altezza rispetto al livello idrico ed alla larghezza della striscia, è stata indicata dai rilevatori la misura *'best'*, ovvero la dimensione minima affinché l'errore di campionamento, alla presenza dell'oggetto galleggiante, tenda a zero. Questa integrazione è stata necessaria per evitare di avere stime per difetto dovute al bias di percezione, visto che il protocollo prevede il monitoraggio di oggetti > 2.5 cm;
- l'osservatore ha svolto il monitoraggio da una postazione in alto rispetto al tirante idrico, preferibilmente su un ponte o sulla sponda del fiume; il monitoraggio è stato preferenzialmente effettuato guardando a monte (se possibile), in modo da poter osservare per tempo l'oggetto. Un binocolo ad ampio campo visivo e medio basso ingrandimento è stato utilizzato per l'eventuale identificazione;
- per ogni stazione sono state realizzate almeno 5 sessioni di osservazione in ciascuna stagione (meteorologica), con almeno una sessione di osservazione al mese;
- ogni sessione di osservazione ha avuto una durata di almeno 90 minuti;
- per l'identificazione delle categorie di materiale e degli usi degli oggetti rilevati è stata utilizzata la lista degli oggetti presente nel report tecnico *"A Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring"* (Fleet et al., 2021), in particolare la tabella *"The Joint List of Litter Categories (J-CODE list)"* nel Capitolo 10 del manuale.

Il tipo di materiale e gli usi sono indicati rispettivamente in Tabella 1 e Tabella 2.

Tab 1 - Categorie di materiale presenti nella *Joint List of Litter Categories*, sviluppata dal JRC ed utilizzata nel progetto per l'identificazione dei macro-rifiuti osservati

Categoria di materiale	Descrizione
Polimero Artificiale / Plastica	Materiale polimerico artificiale, spesso indicato come plastica, compresi tutti i tipi di materiali polimerici antropogenici, esclusi gli oggetti attribuiti alla frazione tela/tessile o gomma.
Vetro Ceramica	Oggetti e loro frammenti, realizzati in vetro o ceramica.
Legno Lavorato	Legno lavorato e/o trattato, cioè segato, piallato, verniciato, impregnato, rivestito o con chiodi, viti, ecc.
Metallo	Oggetti metallici e frammenti di metallo derivante dal disuso di prodotti metallici.
Tessuto	Oggetti e frammenti in tessuto, compresi quelli realizzati parzialmente o completamente in fibre polimeriche artificiali.
Carta Cartone	Oggetti artificiali a base di cellulosa, carta, cartone e simili e loro frammenti.
Gomma	Oggetti e frammenti in gomma, compresi quelli simili alla gomma o tipicamente considerati tali, come ad esempio stivali di gomma e pneumatici.
Sostanza Chimica	Sostanze chimiche persistenti, che si presentano sotto forma di grumi, pozzanghere e palline, ad esempio palle di catrame di diverse dimensioni. Nelle indagini sul campo, senza analisi chimiche, possono essere classificate solo in base al loro aspetto.
Resti Alimentari	Rifiuti alimentari di origine antropica, come alimenti trattati e cotti, frutta e verdura, ma non frutta naturale.

Tab 2 - Categorie di usi presenti nella *Joint List of Litter Categories*, sviluppata dal JRC ed utilizzata nel progetto per l'identificazione dei macro-rifiuti osservati

Categoria di uso
Acquacoltura
Agricoltura
Caccia
Consumo di cibo
Costruzioni
Cura ed igiene
Fumo
Medicale
Pesca
Svago
Veicoli
Vestiario
Indefinito

Le classi dimensionali dei macro-rifiuti galleggianti utilizzate nel monitoraggio sono quelle raccomandate dalla *MSFD TG ML Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas* (Hanke et al., 2013) e riprese dal report tecnico "*A Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring*" (Fleet et al., 2021):

- a = 2.5 - < 5 cm
- b = 5 - < 10 cm
- c = 10 - < 20 cm
- d = 20 - < 30 cm
- e = 30 - < 50 cm
- f \geq 50 cm

La scelta dei corsi d'acqua da monitorare è stata condizionata, oltre che dalla loro appartenenza alle tre sottoregioni definite dalla Strategia Marina, anche dalla possibilità di avere una stazione di osservazione il più vicino possibile alla foce e dotata delle necessarie condizioni di sicurezza per gli operatori e con buona visibilità degli oggetti; la prossimità alla foce si è resa necessaria considerando l'esigenza di stimare la quantità di rifiuti veicolata a mare.

Le informazioni relative alle stazioni di osservazione, in ordine alfabetico rispetto alla Regione di appartenenza, sono riportate nella tabella di seguito.

Tab 3 – Informazioni relative alla localizzazione delle stazioni di osservazione utilizzate per il monitoraggio visivo dei macro-rifiuti galleggianti

REGIONE	FIUME	SOTTOREGIONE MARINA	LOCALITÀ	COORDINATE DECIMALI
Abruzzo	Pescara	MAD	Pescara (PE) – Ponte Risorgimento	42.463197, 14.214263
Basilicata	Agri	MIC	Scanzano Ionico (MT) – Vecchio Ponte Statale Ionica	40.225825, 16.686501
Calabria	Neto	MIC	Scandale (KR)	39.170663, 17.018820
Campania	Sarno	MWE	Castellammare di Stabia (NA) – Ponte Via Provinciale Schiti	40.728843, 14.475006
Emilia-Romagna	Reno	MAD	Ravenna (RA) – Ponte SS 309 Romea	44.579751, 12.254327
Lazio	Tevere	MWE	Canale di Fiumicino (RM)	41.771538, 12.235223
Liguria	Magra	MWE	Ameglia (SP) – Ponte della Colombiera (Via XXV Aprile)	44.063582, 9.973192
Marche	Misa	MAD	Senigallia (AN) – Ponte Il Giugno	43.716156, 13.217651
Sicilia	Simeto	MIC	Catania (CT) – Ponte Primosole	37.399832, 15.064937
Toscana	Ombrone	MWE	Grosseto (GR) - Ponte ciclopedonale sull’Ombrone Eugenio Bellucci (Strada Vecchia Aurelia)	42.695708, 11.081676
Veneto	Adige	MAD	Cavarzere (VE)	45.138044, 12.081175
Veneto	Po	MAD	Porto Tolle (RO)	44.956224, 12.361314

Legenda: MAD = Mare Adriatico; MIC = Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale; MWE = Mar Mediterraneo Occidentale

Per rendere comparabili i risultati e le informazioni delle osservazioni, in fase di analisi, i dati, a partire dal numero di oggetti realmente osservati durante le sessioni di indagine, sono stati normalizzati "estrapolando" a tutta la larghezza del fiume per la durata di un'ora. L'unità di misura così ricavata risulta essere espressa come: numero oggetti/ora per tutta la larghezza del fiume, che da quel corso d'acqua giungono a mare.

Sono state effettuate statistiche descrittive, sul tipo di materiale e di uso dei rifiuti galleggianti osservati, annuali e stagionali, con riferimento alle stagioni meteorologiche (estate: giugno, luglio e agosto; autunno: settembre, ottobre e novembre; inverno: dicembre, gennaio e febbraio; primavera: marzo, aprile e maggio). Per ogni fiume è stata calcolata: la media annuale degli oggetti /ora con l'errore standard, la percentuale dei rifiuti per ogni stagione, la proporzione tra i tipi di materiale e di uso, la % di oggetti appartenenti alle categorie "prodotto di plastica monouso" (SUP) e "attrezzo da pesca contenenti plastica" (FG) secondo quanto definito dalla Direttiva UE 2019/904.

È importante nei risultati tener conto, tra le altre cose, dei seguenti aspetti:

- il posizionamento della stazione di osservazione in presenza di una flotta peschereccia influisce sul numero degli attrezzi di pesca contenenti plastica;
- molti oggetti sono stati classificati come indefiniti in quanto frammentati e non attribuibili ad una categoria specifica (i.e. code J79 -frammenti plastica- e J82 -frammenti polistirolo-);
- solo nelle sessioni in cui sono stati rilevati numerosi oggetti per fiume è stato possibile elencare quelli più comuni;
- i grafici riportati per ciascun fiume sono relativi all'anno del monitoraggio; è stato utilizzato il punto come separatore decimale;
- i risultati non sono stati normalizzati rispetto alla velocità della corrente superficiale rilevata nella zona di campionamento, dato comunque acquisito durante ogni monitoraggio e presente nel database; il dato della velocità permette, infatti, di normalizzare tutto in densità;
- dall'altezza dei punti di osservazione non sempre è possibile identificare i bastoncini di plastica (J95) o di carta (J246), per orecchie o per caramelle (J31); va considerato, inoltre, che di forma simile, si possono trovare anche bastoncini di plastica per innesti di piante o parti di giochi per bimbi. Una analisi dedicata, su oltre 280 "bastoncini" pescati in fiume alla foce del Tevere, ha rilevato che più del 85 % sono riferibili a: Cotton fioc di plastica (J 95);
- per una corretta identificazione della misura "best", sono importanti fattori quali l'esperienza dell'osservatore e le condizioni della visibilità, oltre che l'altezza del punto di osservazione e la larghezza della striscia. Per questi ultimi fattori una regola empirica (ed approssimativa) è il "limite 50", che consiste nell'ottenere la grandezza "best" in centimetri moltiplicando l'altezza del punto di osservazione per la larghezza della striscia (in metri) e dividendo poi il risultato per 50;

-
- soprattutto durante i periodi di minore portata del fiume (ad esempio in estate), è importante verificare lo stato della marea prima di effettuare il monitoraggio. Se la marea è alta, in prossimità della foce, il fiume potrebbe non scorrere o potrebbe verificarsi una risalita di acqua da mare;
 - sebbene non sia stato condotto uno studio specifico sulla percentuale di oggetti che passano in prossimità della sponda rispetto a quelli al centro del fiume, mettendo in relazione le diverse strisce monitorate all'interno dello stesso fiume, è emerso che oltre il 75 % degli oggetti passava nella striscia di prossimità alla sponda;
 - in totale sono state realizzate circa 400 ore di monitoraggio visivo.

Risultati

A livello nazionale, la maggioranza degli oggetti identificabili è di plastica o altro polimero artificiale (84.6 %) e il 35.2 % è rappresentato da oggetti di plastica monouso. Le altre tipologie più rappresentate – ma con valori sensibilmente inferiori – sono oggetti di carta (4.6 %), vetro e metallo (circa 2 %).

A causa della generale ridotta dimensione dei rifiuti osservati e della loro frammentazione - quest'ultima presumibilmente dovuta ai lunghi tempi di permanenza in alveo -, non è stato possibile attribuire la categoria di uso a circa il 65 % dei rifiuti intercettati. Tra quelli per cui è stato possibile un riconoscimento, il consumo di cibo è risultata la categoria predominante (19.4 %).

Nei paragrafi successivi si riportano sinteticamente i dati raccolti nei singoli fiumi, con il valore dei risultati riferito su base annuale.

I fiumi, e le rispettive statistiche, sono disposti in ordine alfabetico.

Fiume Adige

L'Adige, con un percorso di 409 km, è il secondo fiume italiano per lunghezza. Il suo bacino tributario copre una superficie di circa 12100 km² ed interessa anche una piccola parte della Svizzera (Piano di Gestione delle Acque 2015-2021 – Relazione generale. Autorità di Bacino delle Alpi Orientali).

Prima di sfociare nel Mare Adriatico, l'Adige scorre in Alto Adige, Trentino e Veneto. In quest'ultima regione, nel tratto a monte della stazione di monitoraggio il territorio è occupato in buona parte da attività agricole ed insediamenti minori, lambendo anche la città di Rovigo.

Il fiume è stato monitorato da ponte in località Cavarzere, in provincia di Venezia, in cui la sua larghezza è di circa 100 m; la misura 'best' è pari a b (>5cm).

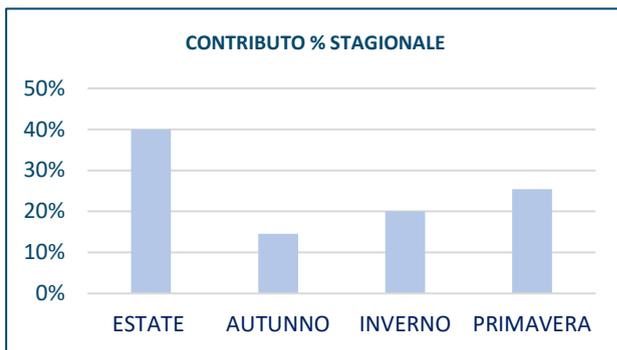


MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA



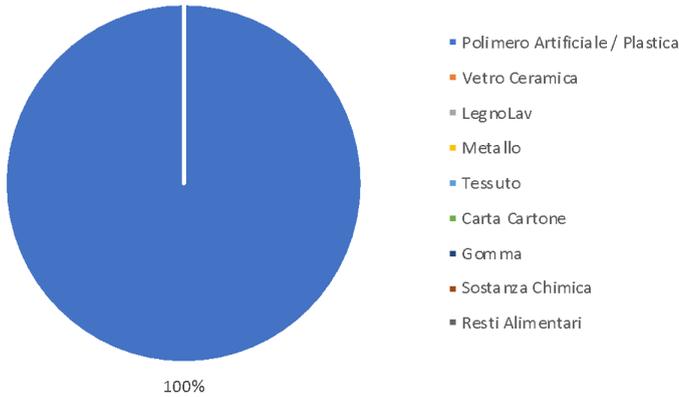
Gran parte degli oggetti monitorati sul fiume, risultavano frammentati al momento della rilevazione.

Durante la stagione estiva, si sono verificati i livelli più elevati di presenza di macro-rifiuti galleggianti, contribuendo in modo significativo alla media annuale complessiva. Le osservazioni sono diminuite durante l'autunno, per poi aumentare nuovamente e in modo progressivo nelle stagioni successive.

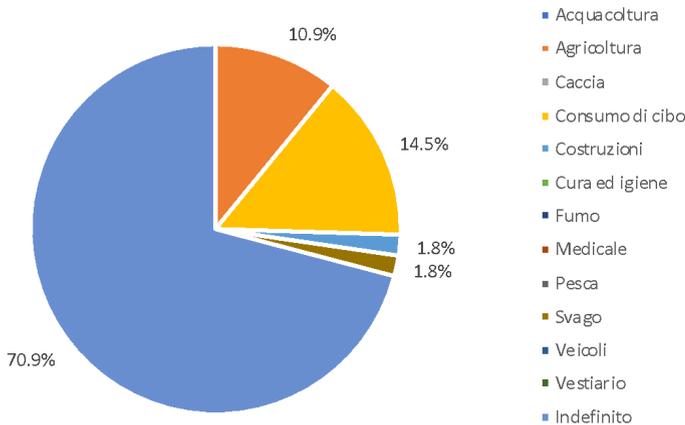


Il 78.2 % del totale dei rifiuti osservati è costituito da oggetti di plastica monouso (SUP), mentre non sono stati rilevati attrezzi da pesca contenenti plastica durante tutto il periodo di osservazione.

MATERIALE



USO



In tutte le stagioni è stato riscontrato un intenso trasporto di materiale naturale, tra cui numerosi rami. Per quanto riguarda i macro-rifiuti, sono stati osservati, di fatto, materiali plastici, in prevalenza frammenti e in misura minore oggetti interi quali buste per la spesa, tappi e bottiglie di plastica per bevande riconducibili all'uso alimentare (14.5 %). Per la maggioranza dei rifiuti dispersi riscontrati non è stato possibile attribuire l'attività di uso.

Fiume Agri



Il fiume Agri scorre interamente in Basilicata, per una lunghezza complessiva di circa 127 km, e sfocia nel mare Jonio nei pressi di Policoro. Il bacino del fiume Agri ha una superficie di 1686 km² e presenta caratteri morfologici prevalentemente montuosi (Piano Stralcio per la difesa dal Rischio idrogeologico. Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata, 2002).

Lungo il suo corso non attraversa insediamenti urbani di grandi dimensioni e il territorio che percorre, in particolare nell'ultimo tratto, è utilizzato prevalentemente da attività agricole.

Presso la stazione di osservazione sul vecchio ponte della statale ionica, nel comune di Scanzano Ionico (MT), la larghezza massima è di 30 m.

MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA

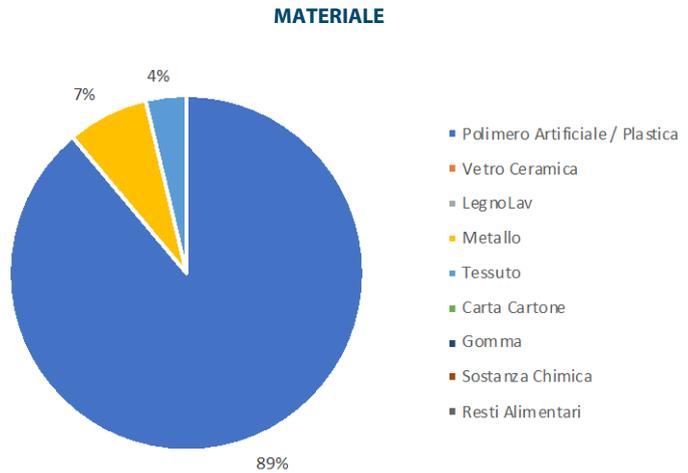
L'apporto di macro-rifiuti determinato dal trasporto dell'Agri sembra essere estremamente contenuto, con un valore tra i più bassi tra tutti i fiumi monitorati.



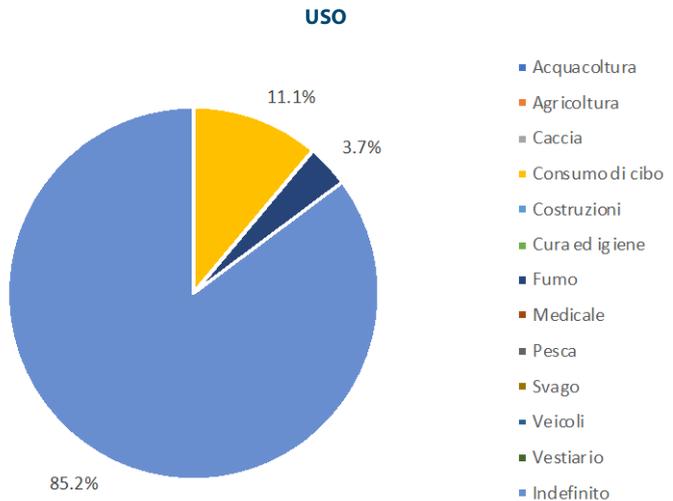
Le quattro stagioni hanno contribuito in modo sostanzialmente uniforme alla media annuale, con un leggero aumento nei valori registrati durante l'estate e l'autunno.

Gli oggetti di plastica monouso hanno rappresentato il 40.8 % del totale e non è stata riscontrata la presenza di attrezzi da pesca contenenti plastica.

Le poche osservazioni sono state principalmente di materiale plastico. Le uniche altre due categorie rilevate sono state tessuto e metallo.



Alla maggior parte degli oggetti osservati non è stato possibile collegare uno specifico settore di utilizzo. Una piccola percentuale (circa 11 %) è stata attribuita all'uso alimentare.



Fiume Magra



Il fiume Magra svolge la maggior parte del suo corso in Toscana per poi attraversare, con i suoi ultimi 20 km circa, la provincia di La Spezia, in Liguria, e sfociare infine nel Mar Ligure. Ha una lunghezza totale di 62 km e il suo bacino si estende per circa 1714 km² (Piano di Tutela delle Acque della Toscana. Regione Toscana, 2016).

Nella bassa Val di Magra il fiume assume un andamento sinuoso, dando vita ad ambienti umidi. In quest'area i comuni più popolati accanto a cui scorre il fiume sono,

in ordine di densità, Sarzana, Arcola e Santo Stefano di Magra.

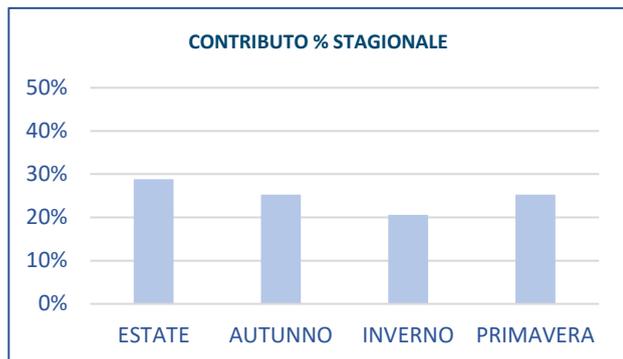
Il fiume Magra ha un alveo di scorrimento di 150 m, corrispondente alla larghezza totale del fiume presso la stazione di osservazione, il Ponte della Colombiera, nella località di Ameglia, in provincia di La Spezia; la misura 'best' è pari a $b (>5\text{cm})$.

MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA

Maree o correnti da mare possono influenzare il flusso dei rifiuti nel punto di monitoraggio del Magra.



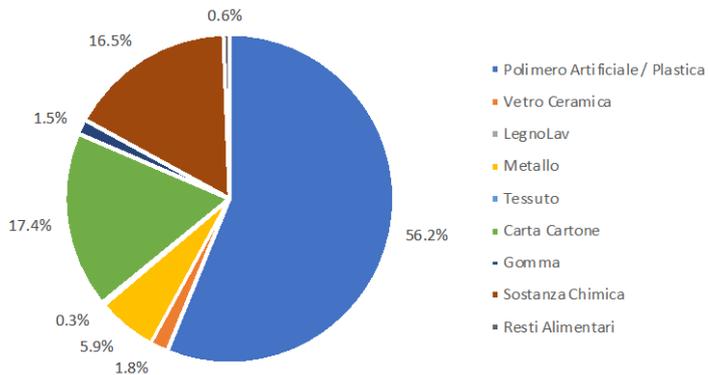
CONTRIBUTO % STAGIONALE



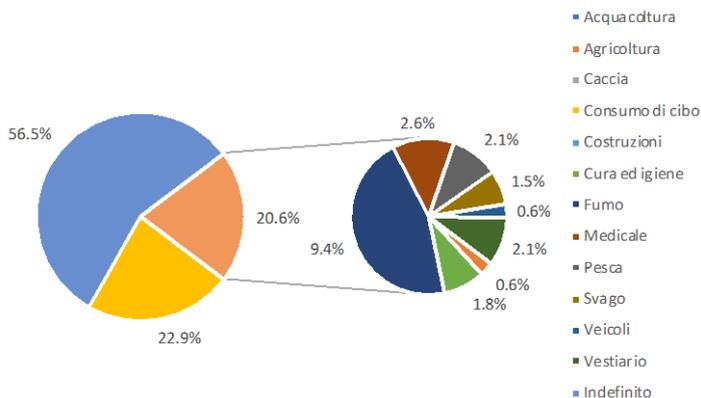
Le quattro stagioni hanno apportato un contributo quasi identico alla media annuale, evidenziando un leggero incremento nei valori riscontrati durante l'estate.

Gli oggetti di plastica monouso hanno registrato un valore percentuale di 25.6 % e quelli da pesca contenenti plastica di 1.2 %; questi ultimi sono stati osservati solo nelle stagioni estiva e primaverile.

MATERIALE



USO



È stata riscontrata una grande quantità di materiale naturale ed un numero sensibile di macro-rifiuti galleggianti, prevalentemente di plastica (56.2%). I macro-rifiuti sono rappresentati in larga maggioranza da oggetti per cui non è stato possibile classificare l'uso e solo alcuni, come bottiglie di acqua e birra e lattine di bibite, sono stati ricondotti al consumo di cibo.

Fiume Misa

Il fiume Misa scorre, per i suoi 48 km di lunghezza, interamente nella provincia di Ancona, nelle Marche, e sfocia nel Mare Adriatico nel comune di Senigallia. Il bacino ha una superficie di circa 379 km², con una morfologia essenzialmente collinare e pianeggiante, fatta eccezione per la parte più occidentale che è prevalentemente montuosa (Piano di Tutela delle Acque delle Marche – Relazione di Piano. Sezione A – Stato di fatto. Regione Marche – Autorità di Bacino Regionale, 2008).



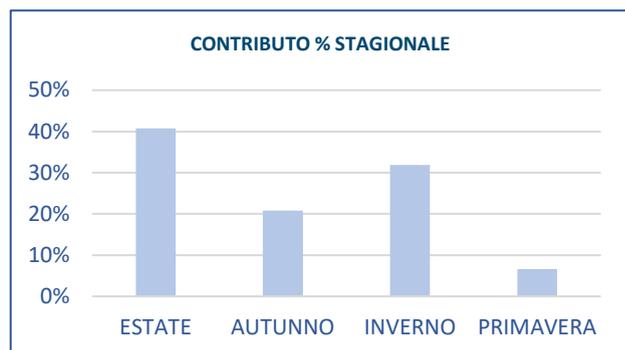
Nell'anno di progetto, i macro-rifiuti presenti nel Misa sono stati monitorati dal Ponte Il Giugno in località Senigallia (AN), nei cui pressi la larghezza del fiume è di 38 m.

MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA



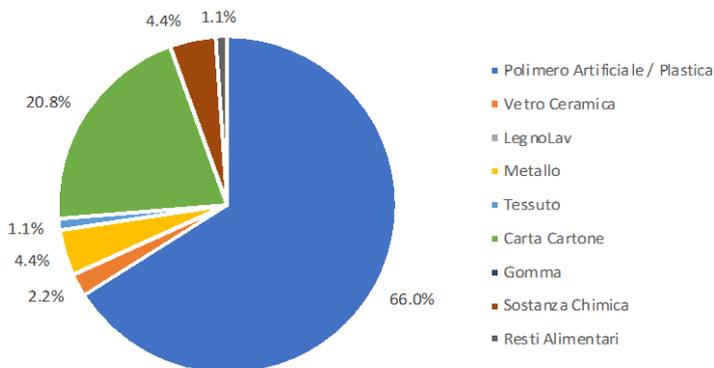
Forse a causa del numero elevato di turisti, durante il periodo estivo, anche con una bassa portata, aumentano i rifiuti dispersi nel fiume.

Estate e inverno sono state le stagioni che hanno maggiormente influenzato il valore complessivo delle osservazioni annuali.



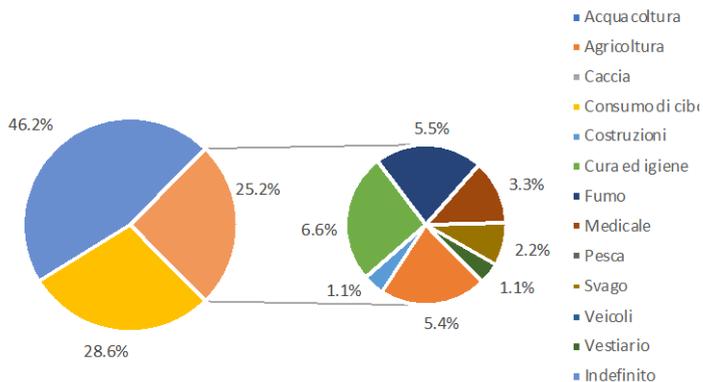
Gli oggetti di plastica monouso hanno rappresentato il 38.5 % del totale, variando in percentuale durante il corso dell'anno. Non è stata registrata la presenza di attrezzi da pesca contenenti plastica.

MATERIALE



È stato riscontrato un forte trasporto di materiale galleggiante di origine naturale ed una quantità consistente di macro-rifiuti di varia natura, con prevalenza di materiale plastico. Carta e cartone rappresentano una percentuale rilevante degli oggetti osservati.

USO



Fiume Neto



Il Neto è uno dei maggiori fiumi calabresi, nasce in provincia di Cosenza e sfocia nel Mar Ionio, nel centro di Fasana, frazione del territorio comunale di Strongoli (KR). Il bacino è di circa 1073 km², con una lunghezza di circa 80 km. (Piano di Gestione delle Acque - Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale).

Dopo aver attraversato un primo tratto montano, il fiume Neto si allarga in un'ampia valle alluvionale, dove prevale l'attività agricola. La foce, in particolare, è un'area di straordinaria importanza naturalistica.

L'osservazione del fiume Neto è stata eseguita dal ponte a Scandale (KR), punto in cui l'alveo di scorrimento del fiume ha una larghezza di 30 m.

MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA

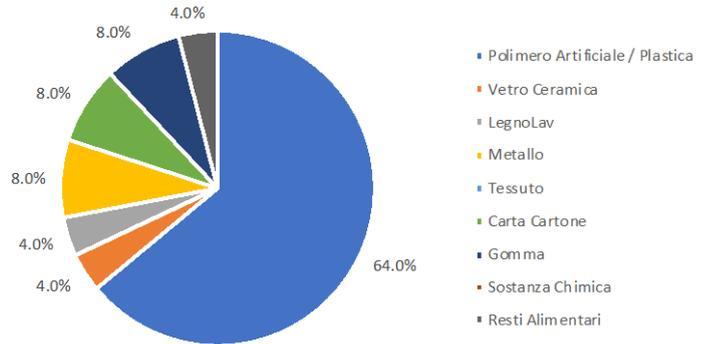
Il fiume Neto tra i corsi d'acqua oggetto di questa indagine è risultato quello con la quantità più bassa di rifiuti galleggianti.



In autunno sono stati registrati valori di osservazione leggermente superiori rispetto alle altre stagioni.

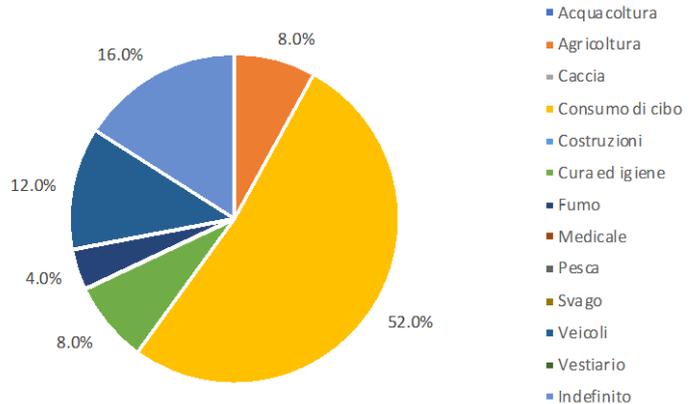
È stata rilevata una cospicua presenza di materiale di origine naturale e, nel complesso, un basso numero di rifiuti galleggianti, di cui quasi la metà (44.0 %) sono stati classificati come oggetti di plastica monouso. Non è stata riscontrata la presenza di attrezzi da pesca contenenti plastica.

MATERIALE



Più della metà degli oggetti osservati è legata al consumo alimentare. Singolare è la rilevazione di rifiuti provenienti dal settore dei veicoli; la loro presenza, però, è presumibilmente dovuta ad un unico autoveicolo presente in fiume.

USO



Fiume Ombrone

L'Ombrone nasce e scorre interamente in Toscana. Dopo un corso di circa 161 km sfocia nel Mar Tirreno, nel territorio comunale di Grosseto. Con un bacino idrografico di 3494 km², è il più grande fiume della Toscana meridionale (Piano di Tutela delle Acque della Toscana. Regione Toscana, 2016).



Nella parte iniziale scorre tra valli strette mentre in quella terminale assume tutte le caratteristiche di un ambiente lentico. Lambisce diversi comuni, il più popoloso dei quali è Grosseto ed attraversa aree prevalentemente agricole. Il delta del fiume è interessato da un forte processo erosivo.

La stazione di osservazione, da cui sono stati monitorati i 38 m di larghezza del fiume, si trova sul ponte ciclopedonale "Eugenio Bellucci".

MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA



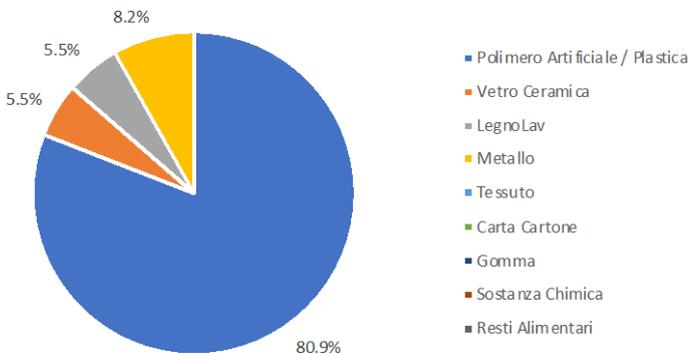
Sull'Ombrone numerose giornate di monitoraggio sono state caratterizzate dal passaggio di soli materiali di origine naturale.

Quasi la metà delle osservazioni è stata effettuata durante l'inverno, mentre l'estate è la stagione che ha registrato la minore presenza di macro-rifiuti galleggianti.

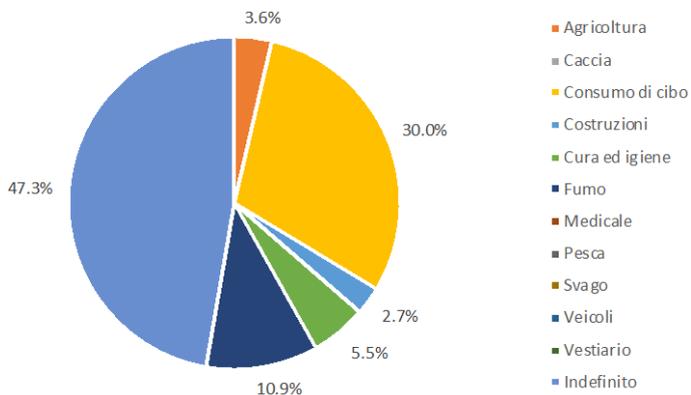


Durante l'anno, è stato osservato che gli oggetti di plastica monouso hanno costituito il 32.7 % del totale, mostrando variazioni percentuali nel corso del periodo considerato. Allo stesso tempo, non sono state rilevate tracce di attrezzi da pesca contenenti plastica.

MATERIALE



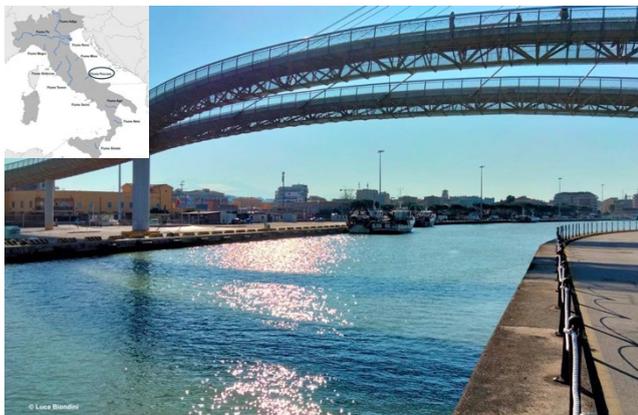
USO



I pochi oggetti osservati nella stagione estiva e in quella autunnale sono stati tutti di plastica. Su base annuale, la categoria di materiale plastico è quella maggiormente rappresentata (80.0 %). Piccoli pezzi di polistirolo e plastica sono stati tra gli oggetti maggiormente rilevati anche nelle stagioni invernale e primaverile, durante le quali sono state però osservate anche altre tipologie di macro-rifiuti. Le dimensioni estremamente ridotte dei frammenti hanno impedito nella maggior parte dei casi (47.3 %) l'attribuzione a una specifica categoria d'uso.

Gli oggetti per cui è stata possibile una corretta identificazione sono legati prevalentemente al consumo di cibo e correlati al fumo.

Fiume Pescara



Il fiume Aterno, dopo l'immissione delle sorgenti del Pescara all'altezza di Popoli (PE), diviene il corso d'acqua principale dell'Abruzzo. Da qui fino alla foce nel Mare Adriatico prende il nome di Pescara. Ha una lunghezza complessiva di 145 km e il suo bacino, caratterizzato da notevole naturalità, si estende per circa 3148 km² nei territori delle province dell'Aquila, di Pescara e, limitatamente, in

quelle di Chieti e Teramo (Piano di Tutela delle Acque - Relazione Generale – Servizio qualità delle acque. Regione Abruzzo).

Dalla valle di Popoli, che ha una tipologia collinare tipica dei corsi d'acqua peninsulari adriatici, il fiume lambisce diversi comuni. Nella sua parte terminale, dopo aver attraversato la zona industriale della Val Pescara e dall'attraversamento della città stessa fino alla foce, è stato arginato e canalizzato.

Il fiume Pescara è stato monitorato sia da Ponte Risorgimento sia da sponda alla foce. In prossimità della stazione di osservazione il corso d'acqua è largo 36 m.

MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA

La canalizzazione del fiume ha facilitato il monitoraggio dei macro-rifiuti, anche da postazioni diverse.

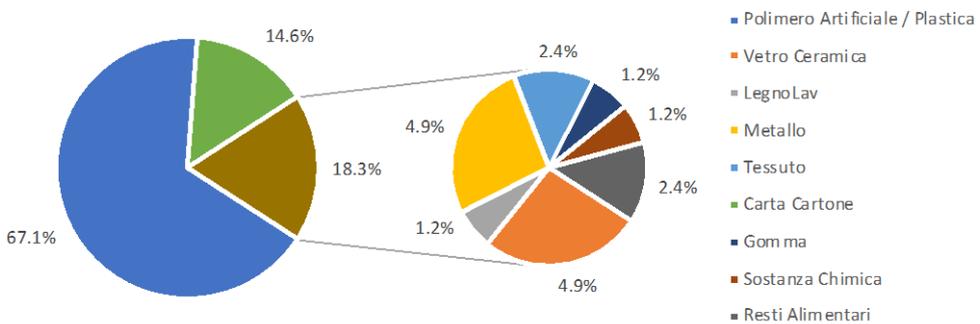


Le osservazioni evidenziano un contributo stagionale minimo in estate e massimo in primavera.

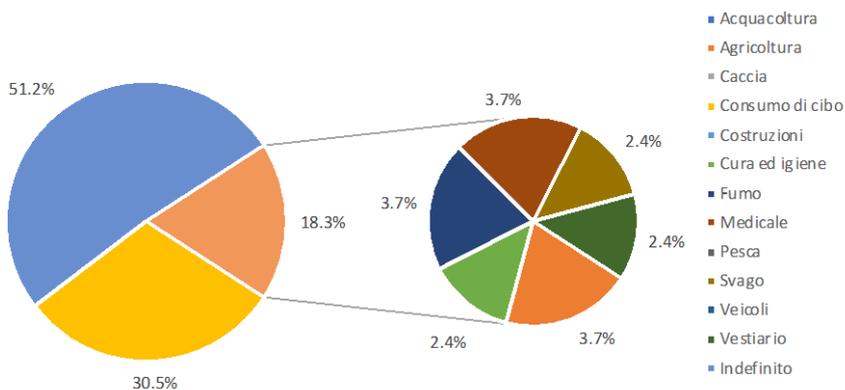
La percentuale di oggetti di plastica monouso, su un totale costituito prevalentemente (67.1 %) da plastica, è stata del 20.7 %. Non sono stati rilevati attrezzi da pesca contenenti plastica.

Tra gli oggetti individuati vi sono mascherine monouso sintetiche, numerosi mozziconi di sigarette, frammenti di plastica e polistirolo. Cospicua è stata la presenza di materiale per consumo di cibo (30.5 %). Il trasporto di materiale di origine naturale è stato sempre consistente.

MATERIALE



USO



Fiume Po

Il Po, con i suoi 652 km, è il fiume più lungo d'Italia. Attraversa tutta la Pianura Padana fino all'Emilia-Romagna, dove sfocia nel Mare Adriatico settentrionale.

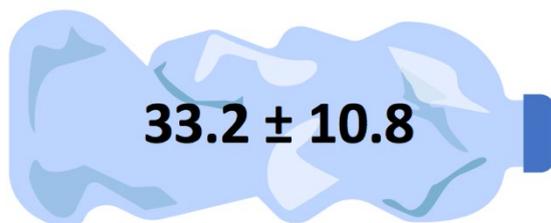
Il bacino del fiume Po si estende per 70311 km², e fa parte del più ampio Distretto Idrografico che, con i suoi circa 83000 km², interessa 8 regioni italiane e la Provincia Autonoma di Trento, includendo 43 province, 6 città metropolitane e oltre 3300 comuni (Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, 2021).



Oltre ai numerosi insediamenti urbani, la Pianura Padana è caratterizzata da un'importante attività industriale e agricola.

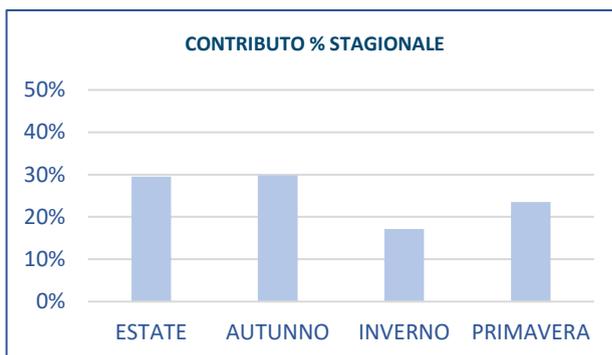
In corrispondenza della stazione di monitoraggio su ponte nel comune di Porto Tolle, in provincia di Rovigo, il Po è largo circa 300 m. A causa della larghezza dell'alveo, dell'altezza del ponte e della dimensione della striscia di osservazione, come misura 'best' è stata inserita la dimensione $b (>5 \text{ cm})$.

MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA



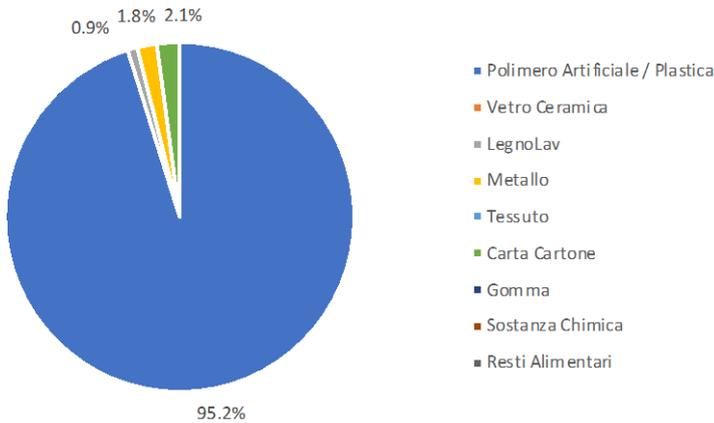
La larghezza del fiume, e la conseguente altezza dal livello idrico, hanno reso difficile il monitoraggio degli oggetti più piccoli.

Estate e autunno hanno contribuito in maniera prevalente, e in quantità analoga (30 %), al numero di osservazioni annue.



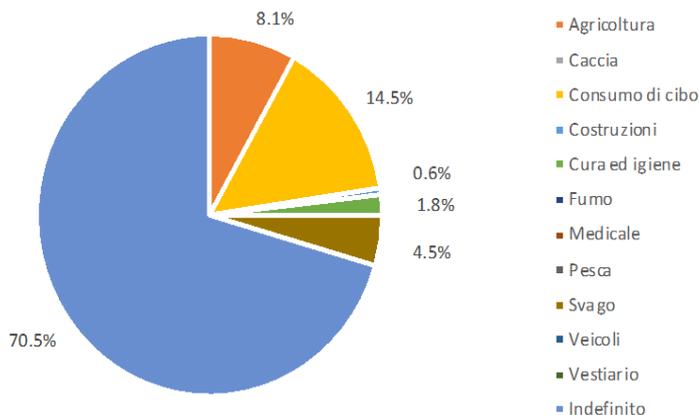
Più della metà (70.2 %) dei rifiuti osservati sono stati classificati come plastiche monouso. Non sono stati rilevati attrezzi da pesca contenenti plastica.

MATERIALE



Fatta eccezione per la stagione estiva, è stato riscontrato il passaggio di oggetti appartenenti solo alla categoria di polimeri artificiali (95.2 %), prevalentemente frammenti di plastica, buste per la spesa, bottiglie per bevande e prodotti per il corpo. Sono stati inoltre individuati frammenti di carta (2.1 %), lattine di metallo (1.8 %) e travi di legno (0.9 %).

USO



Alla maggior parte degli oggetti rilevati (70.5 %) non è stato possibile attribuire una categoria di utilizzo. Quelli il cui uso è stato identificato sono prevalentemente legati al consumo di cibo (14.5 %) e all'agricoltura (8.1 %).

Fiume Reno

Il Reno è il secondo fiume per lunghezza dell'Emilia-Romagna. Nasce in Toscana e scorre per 211 km prima di sfociare nel Mare Adriatico, a sud del Delta del Po. Il suo bacino si estende per 4913 km² (Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po. Aggiornamento delle caratteristiche del distretto - Stato delle risorse idriche. Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, 2021).

Dopo aver attraversato il comune di Casalecchio di Reno (BO), il fiume scorre in un territorio a vocazione ed uso prevalentemente agricolo. Il Reno è stato osservato presso la stazione situata sul ponte SS 203 Romea, a valle dello sbarramento di Volta Scirocco, in cui l'alveo di scorrimento è largo 100 m; la misura 'best' è pari a $b (> 5\text{cm})$.

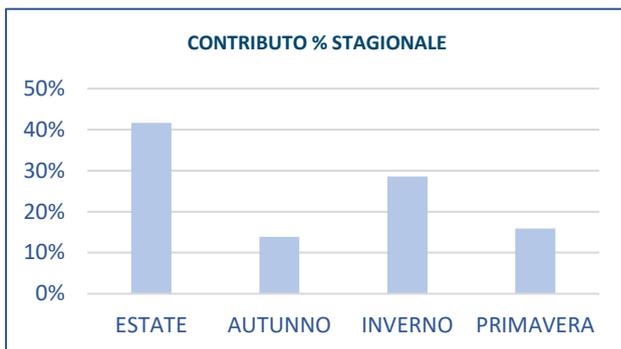


MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA



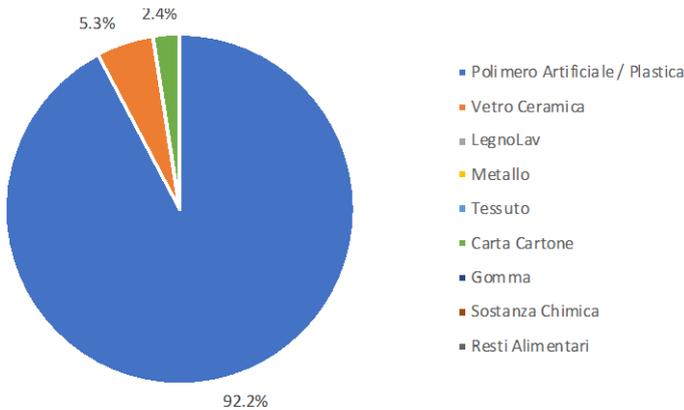
Per il Reno l'altezza della marea influenza lo scorrimento delle acque; è un fattore da tenere in considerazione per il monitoraggio e la valutazione dei risultati, in particolare quando la portata del fiume è bassa.

La stagione estiva ha contribuito per più del 40 % al valore annuale. Segue l'inverno con un valore che si aggira intorno al 30 %, il doppio rispetto ad autunno e primavera.



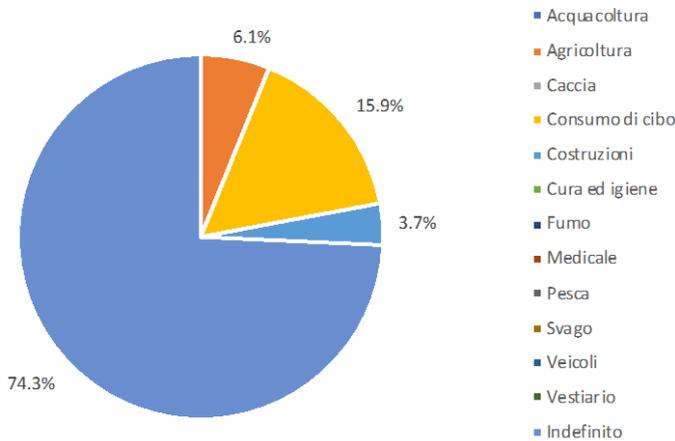
Il 72.7 % dei rifiuti rilevati sul fiume Reno sono oggetti di plastica monouso. Inoltre, solo nella stagione primaverile sono stati osservati attrezzi da pesca contenenti plastica, che rappresentano l'1 % del totale riscontrato durante l'anno.

MATERIALE



A fronte di un consistente trasporto di materiale naturale, è stato osservato un numero molto ridotto di rifiuti. Quasi tutti gli oggetti rilevati sono di plastica (92.2 %).

USO



Per il 74.3 % degli oggetti non è stato possibile risalire all'attività di origine. Il 15.9 % dei rifiuti è stato ricondotto all'uso alimentare, mentre il 6.1 % all'agricoltura.

Fiume Sarno



Il fiume Sarno scorre interamente nella regione Campania per appena 24 km prima di sfociare nel Mar Tirreno. Il bacino del fiume Sarno comprende i territori di 42 comuni, nelle tre Province di Napoli, Salerno ed Avellino, e si estende per circa 500 km² (Piano di Gestione Acque, Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, 2021). Il Sarno accoglie acque da diversi canali, tra cui 'Alveo

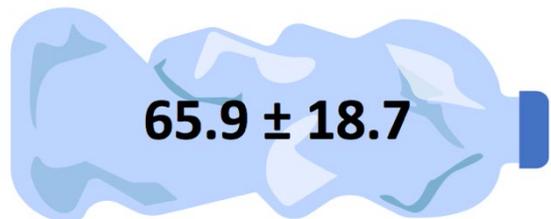
Comune Nocerino'.

Il territorio è caratterizzato da attività produttive a carattere manifatturiero, in particolare legate alla trasformazione di materie prime del settore agro-alimentare. Nell'area del bacino sono inoltre presenti tre aree per lo sviluppo industriale.

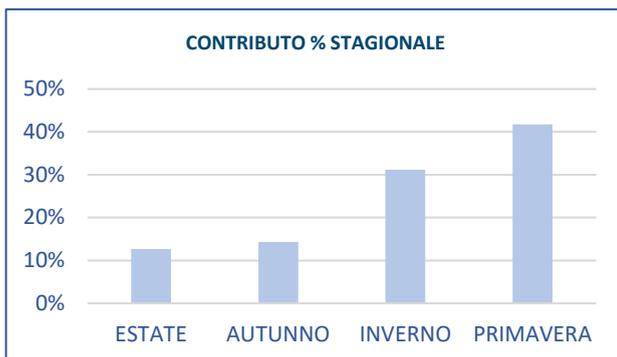
Il monitoraggio del fiume Sarno è stato realizzato dal ponte della via provinciale Schiti a Castellammare di Stabia (NA), punto in cui l'alveo ha una larghezza di 26 m.

MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA

Tra i fiumi oggetto dell'indagine il Sarno è stato quello con il maggior numero di oggetti rilevati.



CONTRIBUTO % STAGIONALE



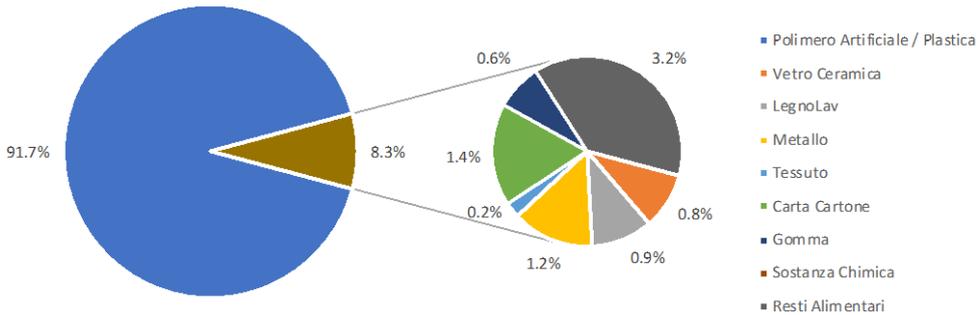
Dopo aver registrato un valore quasi identico in estate e autunno, l'apporto stagionale alle osservazioni annuali è aumentato in inverno e poi ulteriormente in primavera.

Tra i macro-rifiuti osservati durante l'anno è stata riscontrata la presenza di oggetti di plastica monouso, in percentuale pari al 19.4 %. Sono stati rilevati anche diversi tipi di attrezzi da pesca contenenti plastica, che comunque corrispondono a meno dell'1 % del totale degli oggetti osservati.

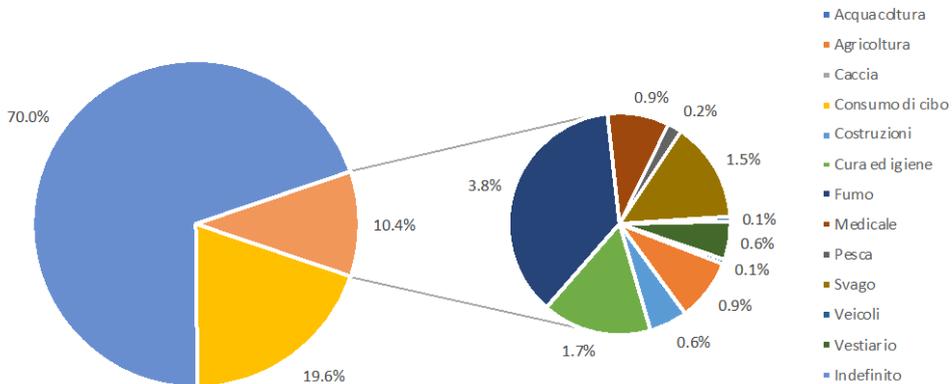
I macro-rifiuti rilevati sono quasi esclusivamente di plastica (91.7 %) e con uso indefinito (70 %).

Nelle diverse stagioni sono stati avvistati numerosi oggetti identificati come imballaggi o teli da plastica industriali, oltre a diversi imballaggi per uso alimentare come pacchetti per patatine, merendine e dolci, vasetti alimentari, bottiglie per bevande e stoviglie monouso.

MATERIALE



USO



Fiume Simeto

Il fiume Simeto si sviluppa in Sicilia per una lunghezza complessiva di circa 87 km prima di sfociare nel Mar Ionio. Il suo bacino occupa un'area complessiva di 4029 km², al cui interno vi è una prevalenza di territori agricoli, con presenza diffusa di seminativi e frutteti. (Piano di gestione del Rischio di Alluvioni. Regione Siciliana Assessorato Territorio e Ambiente, 2018).



Le aree litoranee e quelle retrostanti adiacenti alla foce del Simeto - specialmente nella parte a Nord della foce stessa - rappresentano una zona umida di rilevante interesse naturalistico, in prossimità della quale però sono stati realizzati estesi insediamenti informali a carattere prevalentemente stagionale.

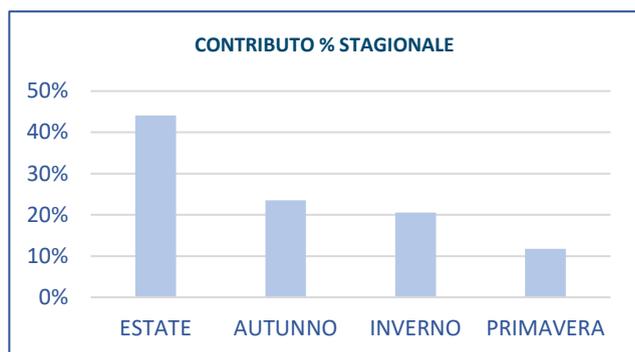
Per il fiume Simeto, il monitoraggio è stato eseguito da Ponte Primosole a Catania, dove l'alveo ha una larghezza di 22 m.

MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA



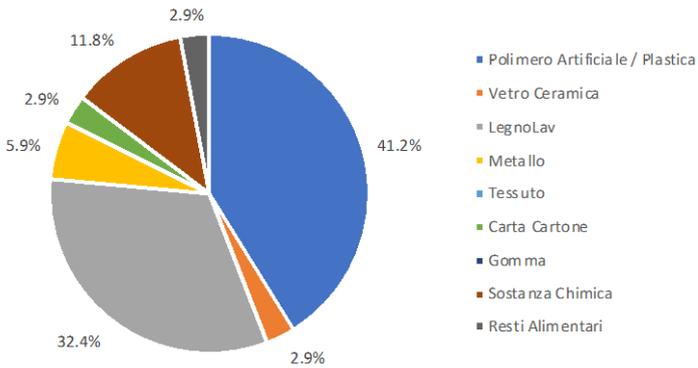
Numerose sono state le "macchie" di sostanze chimiche galleggianti documentate sul fiume.

L'apporto stagionale è andato progressivamente diminuendo nell'anno di analisi, con un valore massimo registrato in estate e quello più basso in primavera.



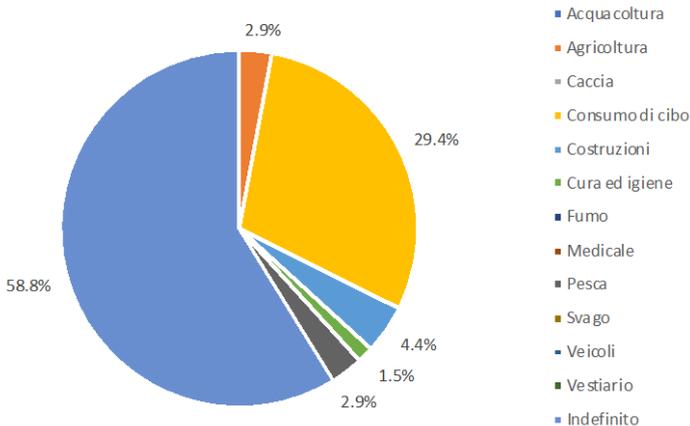
Il 23.5 % degli oggetti identificati sono plastiche monouso. Inoltre, in autunno e primavera sono stati osservati attrezzi da pesca contenenti plastica, corrispondenti al 3.0 % del totale dei rifiuti riscontrati.

MATERIALE



I macro-rifiuti osservati sono principalmente oggetti di materiale plastico (42.2 %), tra cui bottiglie per bevande e involucri di plastica per cibo. Significativa anche la presenza di oggetti di legno lavorato (32.4 %) e sostanze chimiche oleose (11.8 %).

USO



Al 58.8 % degli oggetti galleggianti non è stato possibile associare un uso specifico; la maggior parte di quelli per cui è stato possibile, è riconducibile all'uso alimentare (29.4 %).

Fiume Tevere



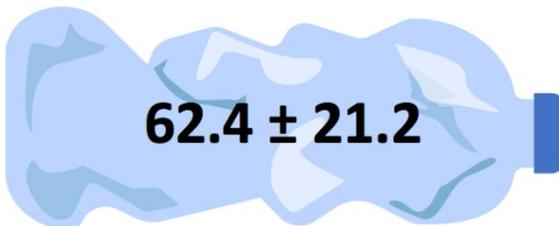
Il fiume Tevere, si forma nell'Appennino Tosco Emiliano e sfocia nel mar Tirreno dopo un percorso di circa 405 km, che ne fa il terzo fiume più lungo d'Italia. Il suo bacino idrografico si estende su una superficie di 17375 km² (Piano di bacino del Tevere, Autorità di bacino distrettuale

dell'Appennino Centrale).

Nel suo ultimo tratto, dopo la diga di Castel Giubileo, attraversa la città di Roma dove nella sua parte periferica le sponde sono spesso occupate da insediamenti informali ed attività illecite di 'manipolazione' di rifiuti. Il fiume Tevere, alla foce, ha un ramo principale (Fiumara) e un ramo minore (Canale di Fiumicino).

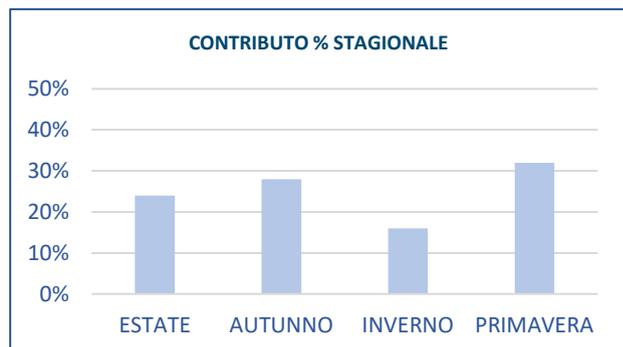
La stazione di monitoraggio è situata nel tratto terminale del ramo minore, il canale di Fiumicino, interessato dalla presenza di numerosi cantieri navali e banchine di ormeggio, anche per flotta peschereccia.

MEDIA ANNUALE OGGETTI/ORA



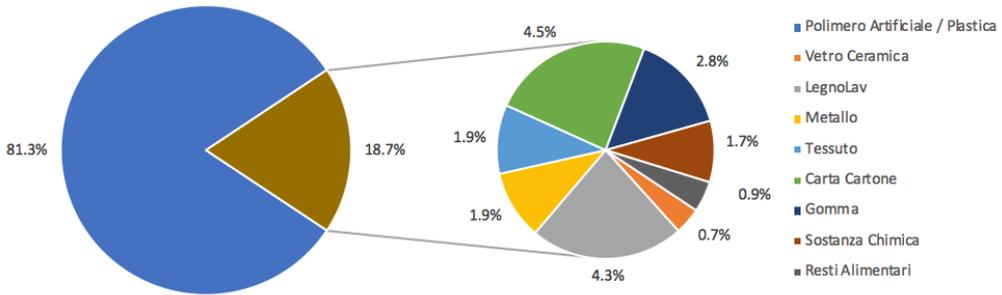
Tenendo in considerazione entrambi i rami, il Tevere, tra i fiumi oggetto dell'indagine, è quello con più inquinamento da macro-rifiuti galleggianti.

La distribuzione dell'apporto stagionale nel corso dell'anno non mostra un andamento regolare. Più del 30 % delle osservazioni si concentrano in primavera, tutte le altre stagioni rimangono al di sotto di questa soglia. Il valore minimo è stato riscontrato in inverno.

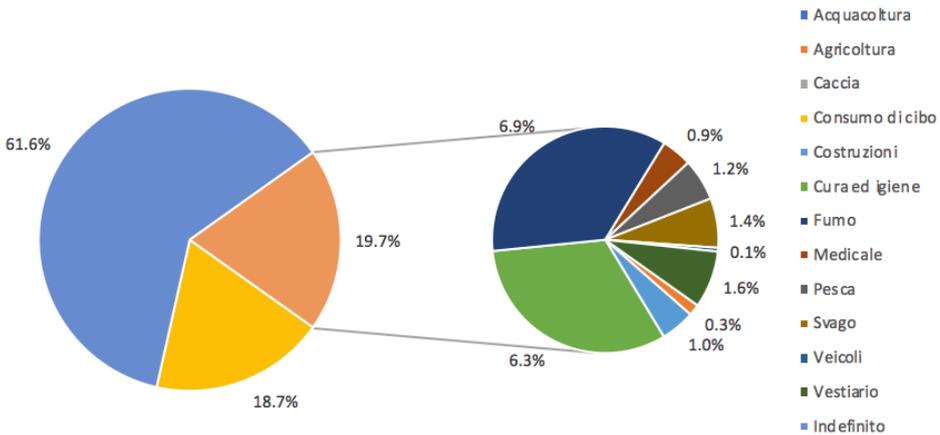


Gli oggetti di plastica monouso hanno registrato un valore percentuale di 27.1 % e quelli da pesca contenenti plastica di 1.2 %. I rifiuti galleggianti rilevati sono principalmente (81.3 %) di materiale plastico ma sono stati riscontrati oggetti di altra composizione in percentuale variabile. Al 61.6 % degli oggetti non è stato possibile attribuire una specifica attività di utilizzo. La maggioranza di quelli per cui è stata possibile l'identificazione è stata attribuita al consumo di cibo (18.7 %).

MATERIALE



USO



Confronto con i macro-rifiuti galleggianti costieri ed offshore

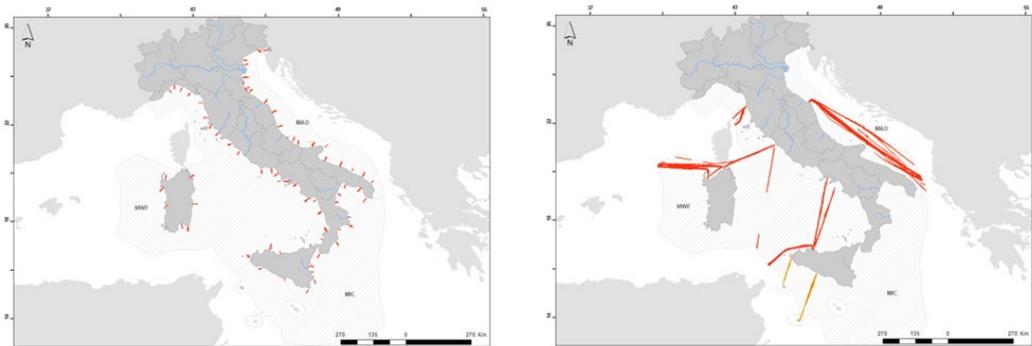
Al fine di avere una visione di sistema della tematica dei macro-rifiuti galleggianti si inserisce una tabella riassuntiva, divisa per sottoregione marina, delle densità rilevate dal sistema SNPA sia in ambito costiero sia in ambito di alto mare (offshore).

Il campionamento viene condotto tramite monitoraggio visivo (*visual census*) con osservatore dedicato all'interno di una striscia definita lungo tutto il percorso di un transetto. L'unità di misura utilizzata fa riferimento alla quantità di rifiuti per categoria in numeri di oggetti per chilometro quadrato (km²).

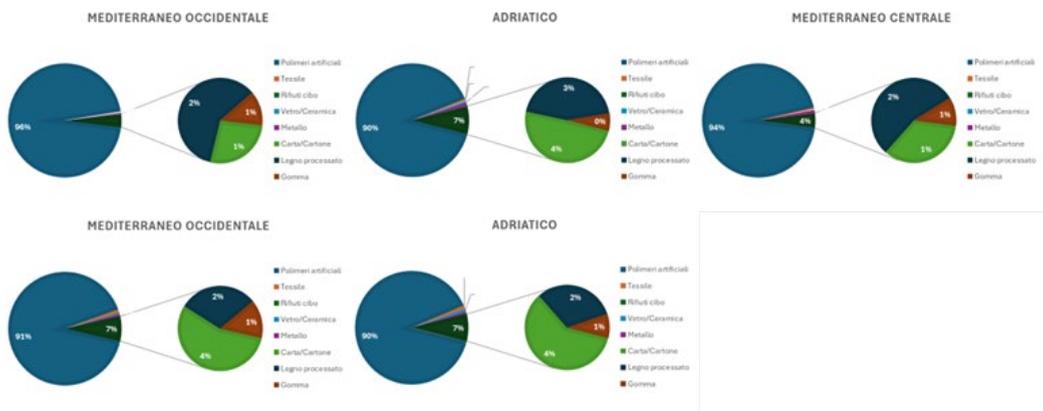
In ambiente costiero (Figura 2 – sinistra) i transetti sono distribuiti perpendicolarmente alla costa, dalle 3 alle 6 miglia. Vengono condotti sei survey di monitoraggio l'anno, uno ogni due mesi. In ambiente offshore (Figura 2 – destra) i transetti attraversano i principali gradienti (costa, principali correnti). Vengono condotti dai tre ai cinque survey di monitoraggio a stagione per ciascun transetto per le quattro stagioni dell'anno.

Le analisi sono state condotte utilizzando i dati 2018-2021 per la valutazione della composizione e dei valori medi e mediani.

Fig 2 - Monitoraggio costiero (sinistra) e offshore (destra)



In tutte le sottoregioni indagate, i polimeri artificiali superano il 90 % di tutti gli oggetti osservati, sia in ambiente costiero (riga superiore della figura successiva) che offshore (riga inferiore), raggiungendo un massimo di 26 % nell'ambiente costiero del Mar Mediterraneo Occidentale.



A livello nazionale viene confermato un gradiente di densità dei rifiuti fra l'ambiente costiero e quello offshore, con valori di densità medie di circa un ordine di magnitudine maggiori in ambiente costiero rispetto all'offshore. A livello di sottoregione (Tab. 4) i risultati mostrano valori di densità significativamente maggiori nella sottoregione Adriatico per gli oggetti legati alla pesca (FG), sia in ambiente costiero che offshore, e per gli oggetti di plastica in ambiente offshore.

Gli oggetti monouso (SUP) mostrano valori più elevati solo in ambiente costiero nelle sottoregioni Mar Mediterraneo Occidentale e Mar Mediterraneo Centrale. Nella tabella 5 viene fatta una lista comparata dei 10 oggetti più comuni nei monitoraggi dei 3 comparti: foci, costiero, offshore.

Tab 4 – Valori di densità media e mediana dei rifiuti marini galleggianti rilevati a livello nazionale in ambiente costiero e offshore (periodo di riferimento 2018-2021)

Ambiente	Media	Errore Standard	Mediana
Costiero (Oggetti > 2.5 cm)	95.8	6.4	7.2
Costiero (Oggetti > 20 cm)	20.7	2	N.D.
Offshore (Oggetti > 20 cm)	2.7	0.18	1.8

Tab 5 - Top 10 comparati nei tre comparti

Fiumi foci (presente studio)	Costiero 2018-2021	Offshore 2018-2021
Pezzo di polistirolo tra 2.5 cm e 50 cm	Imballaggio o telo di plastica industriale	Imballaggio o telo di plastica industriale
Pezzo di plastica tra 2.5 e 50 cm	Borsa per la spesa plastica	Borsa per la spesa plastica
Imballaggio o telo di plastica industriale	Pezzo di plastica tra 2.5 e 50 cm	Pezzo di plastica tra 2.5 e 50 cm
Bottiglia per bevande > 0.5 l	Cassetta per il pesce di polistirolo	Cassetta per il pesce di polistirolo
Borsa per la spesa	Pezzo di polistirolo tra 2.5 e 50 cm	Galleggiante per rete da pesca*
Tappo/coperchio di bevande	Bottiglia plastica per bevande <= 0.5 l	Bottiglia plastica per bevande <= 0.5 l
Mozzicone di sigarette	Pacchetto di patatine o dolciumi	Altra bottiglia o contenitore plastica
Cotton fioc di plastica	Posata di plastica	Bottiglia di plastica per bevande > 0.5 l
Altro oggetto di legno tra 2.5 e 50 cm	Altro oggetto in legno tra 2.5 e 50 cm	Pezzo di polistirolo tra 2.5 cm e 50 cm
Altro oggetto in plastica rigida identificabile	Rete o sacco di plastica per l'allevamento dei mitili (calze) o delle ostriche	Cassetta o cesta di plastica

*include FAD e boe potenzialmente operative

Analisi del comportamento dei rifiuti galleggianti con tracking satellitare

Metodi

Lo studio delle dinamiche di spostamento dei macro-rifiuti galleggianti nei fiumi è stato effettuato tramite l'utilizzo del sistema di tracciamento GPS JunkTrack, costituito da una serie di tracciatori di posizione - assemblati per simulare il comportamento dei rifiuti galleggianti trasportati dai fiumi – e da un sistema informativo geografico automatico pubblicato su web (webGIS) per la raccolta, organizzazione, elaborazione e visualizzazione dei dati da questi inviati.

L'utilizzo di tracciatori GPS per studiare i percorsi che potenzialmente compiono i macro-rifiuti galleggianti è un metodo innovativo che finora ha avuto pochissime applicazioni nelle acque interne. In particolare, è la prima volta che questo tipo di sperimentazione viene compiuta contemporaneamente su una rete estesa di corsi d'acqua.

Ogni tracciatore è costituito da un piccolo circuito elettronico - privo di componenti noti per essere nocivi per l'ambiente, con batteria primaria al litio (0 % mercurio) - adatto ad essere alloggiato in un oggetto galleggiante dal comportamento assimilabile a quello di un macro-rifiuto galleggiante. Il circuito elettronico e la batteria sono fissati all'interno di contenitori cilindrici ermetici in PET (polietilene) da 500 ml, che sono a loro volta riempiti con un composto biodegradabile a base di sughero naturale o amido di mais espanso. Il filler ha uno scopo anti-urto e serve per evitare shock di scuotimento alle componenti.

I tracciatori utilizzano la rete cellulare per inviare più volte al giorno la propria posizione, determinata attraverso la rete GPS/Galileo, ad un server (webGIS). Il server, il sistema di organizzazione dei dati, il software che seleziona i dati validi, l'archivio progressivo che si va a formare, il sistema di organizzazione geografica dei dati e il sistema di analisi, sintesi e rappresentazione dei dati e delle posizioni lungo le settimane, fanno tutti parte del sistema JunkTrack e sono stati sviluppati, per questa applicazione, come progetto originale da NAUTA scientific (www.nauta-rcs.it) insieme a NaturalGIS (www.naturalgis.pt). I ricercatori ISPRA, fornendo informazioni sul comportamento dei macro-rifiuti fluviali galleggianti, hanno contribuito a migliorare le funzionalità del sistema.

Fig 3 - Tracciatori del sistema JunkTrack



Grazie alla batteria al litio, i tracciatori hanno potenzialmente una vita operativa autonoma che varia dai 18 ai 48 mesi, a seconda delle scelte di programmazione, in qualsiasi condizione ambientale.

I tracciatori con profili di immersione regolabili da un minimo di pochi centimetri in su, simulano il comportamento di un rifiuto galleggiante di piccole dimensioni, come ad esempio una bottiglietta d'acqua. Trasportati dalle correnti dell'acqua e dall'azione del vento in superficie, possono fermarsi quando catturati dalla vegetazione, incagliati nelle zone di più basso fondale, bloccati sotto accumuli di sedimenti oppure spiaggiati lungo la costa, una volta giunti a mare.

Il flusso dei dati proveniente dai singoli tracciatori può essere intermittente, sia per mancanza di copertura telefonica che per un temporaneo assetto in acqua che impedisce di ricevere correttamente la posizione GPS.

Pur tenendo conto di questi fattori limitanti il sistema è in grado di ricostruire la sequenza di posizioni dei tracciatori, identificando i punti di accumulo (*hotspot*), le velocità medie nelle diverse tratte, e consente di correlare le dinamiche di spostamento al livello idrico. Il sistema di analisi riesce a calcolare dinamicamente il tempo medio di percorrenza delle tratte, oltre che generare indici con i punti di accumulo dei dispositivi.

Nell'ambito del progetto, sono stati monitorati 93 tracciatori GPS in 8 dei 12 fiumi oggetto della ricerca: Adige, Magra, Neto, Ombrone, Pescara, Po, Simeto e Tevere.

Lo studio del comportamento ha riguardato questi dispositivi:

- Adige: 10 tracciatori rilasciati a giugno 2022;
- Neto: 10 tracciatori (Figura 4) rilasciati a giugno 2022;
- Ombrone: 10 tracciatori rilasciati a giugno 2022;
- Po: 10 tracciatori rilasciati a giugno 2022;
- Tevere: 13 tracciatori, di cui 10 rilasciati a giugno 2022 a Roma e 3 a luglio 2022 dopo la diga di Corbara (Umbria); questi ultimi sono stati lanciati con lo scopo di verificare il comportamento nei confronti delle grandi dighe (Alviano 1 e 2, Gallese, Meana 1 e 2, Castel Giubileo) e degli sbarramenti, che spesso hanno anche dei sistemi di griglia per bloccare e raccogliere elementi galleggianti sui fiumi;
- Magra: 10 tracciatori rilasciati a giugno 2023;
- Pescara: 10 tracciatori rilasciati a luglio 2023;
- Simeto: 20 tracciatori rilasciati in due siti a luglio 2023, uno vicino alla foce e l'altro poco a valle della diga di Ponte Barca. Si è scelto di effettuare il lancio di 10 tracciatori direttamente alla foce allo scopo di avere informazioni sul comportamento dei macro-rifiuti in mare, all'interno della sottoregione marina del Mar Ionio e Mediterraneo Centrale.

I tracciatori rilasciati sul Magra e sul Simeto sono stati programmati per inviare la propria posizione con un intervallo temporale molto breve, tenuto conto della vicinanza tra il punto di lancio e la foce. Di conseguenza, le relative mappe – nel paragrafo successivo – sono contrassegnate da una maggiore densità di punti corrispondenti ai differenti segnali inviati.

Fig 4 - Rilascio dei tracciatori nel Fiume Neto



La località del lancio, la cui distanza dalla foce varia a seconda del fiume, è stata individuata seguendo queste caratteristiche: a valle di grossi sbarramenti che potevano bloccare i tracciatori; con una buona percorrenza all'interno dell'alveo in modo da ricavare informazioni lungo il percorso; a monte di una fonte potenziale di rifiuti dispersi nell'ambiente acquatico; all'interno dello stesso ambito territoriale della foce.

La lunga permanenza dei tracciatori nei fiumi ha permesso di verificare il loro comportamento in diverse condizioni idrologiche, evidenziando alcuni comportamenti comuni a più fiumi, quali la rimobilizzazione dei tracciatori intrappolati nella vegetazione ripariale determinata da repentine variazioni del livello idrico.

Per ogni tracciatore è stato registrato il progresso nel fiume e da questi dati è stata calcolata la velocità media con cui sono giunti nel Mediterraneo. Per ciascun tracciatore è stato anche ricostruito il percorso compiuto all'interno del corso d'acqua e poi in mare.

I tracciatori, se operativi, hanno però un'autonomia di vita più lunga della durata del progetto e, per questo, la raccolta e l'analisi dei dati proseguono fino al termine naturale della vita delle batterie dei tracciatori (che poi, se recuperabili, vengono risistemati e riutilizzati). Tutti i dati relativi ai tracciatori ancora attivi sono disponibili sulla piattaforma webGIS di JunkTrack, accessibile tramite la pagina web di progetto.

<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/acque-interne-e-marino-costiere-1/monitoraggio-di-macro-rifiuti-galleggianti-ne-fiumi-alla-foce>

Risultati

Per il periodo di osservazione fino al 31 dicembre 2023, sono stati ricevuti ed elaborati oltre cinquantamila punti, ciascuno trasmesso da un tracciatore GPS attivo con l'indicazione di posizione, data e ora.

Nel complesso, nel periodo di campionamento, meno del 40 % dei tracciatori ha raggiunto il mare o la zona terminale di foce. Gli altri, al termine del periodo oggetto di analisi, risultavano ancora all'interno dei corsi d'acqua, bloccati nella vegetazione o arenati sulle barre e sulle sabbie laterali. Le situazioni riscontrate sui singoli fiumi sono molto diverse, con valori che oscillano tra lo 0 e l'80 %, determinate sia dalle profonde differenze nelle portate registrate (in un anno contraddistinto da forti anomalie dei regimi idrologici), sia dalla marcata eterogeneità delle caratteristiche morfologiche e vegetazionali dei tratti terminali dei corsi d'acqua oggetto d'indagine.

In generale, si è osservato come variazioni rilevanti e repentine del livello idrico inducano ad una rimobilizzazione dei rifiuti che, tuttavia, sovente è limitata a tragitti di breve durata. Anche in corrispondenza di portate significative molti tracciatori non si sono spostati, sottolineando l'incisività dell'effetto di intrappolamento determinato in particolare dalla vegetazione.

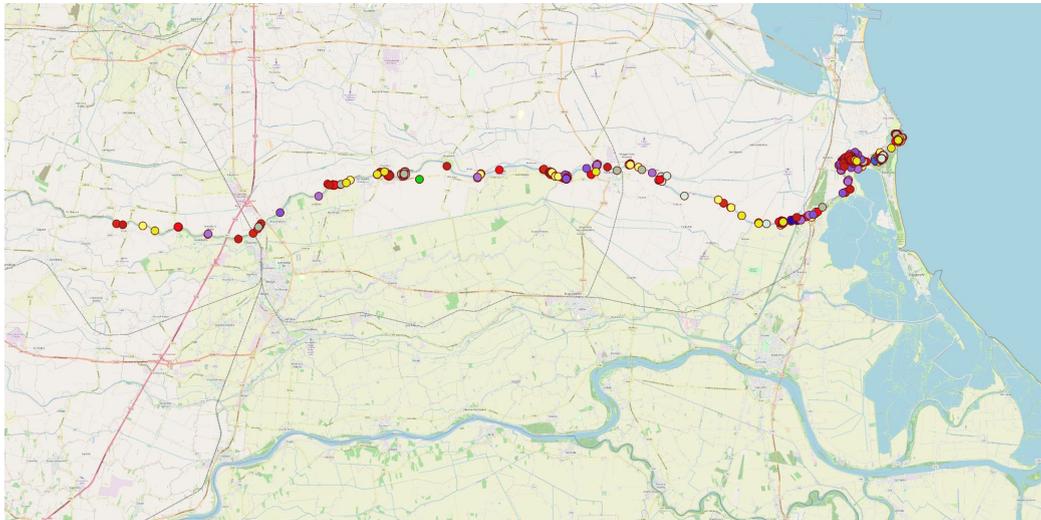
La registrazione dei percorsi compiuti dai tracciatori giunti a mare ha consentito di raccogliere informazioni utili sulle principali direttrici di spostamento dei rifiuti di plastica all'interno delle 3 sottoregioni marine. Sono stati riscontrati comportamenti particolarmente interessanti di singoli tracciatori, che dimostrano come alcuni oggetti possano compiere tragitti molto lunghi, complessi e inaspettati seguendo le correnti marine o spinti da venti di superficie.

Nei paragrafi successivi, per ciascun fiume sono state riportate due immagini: la prima mostra tutte le posizioni ricevute dai tracciatori nel periodo di campionamento e la seconda uno zoom della situazione in prossimità della foce. Ogni tracciatore è rappresentato da un colore differente ed ogni punto rappresenta una localizzazione da questo ricevuta all'interno del fiume. Sono omessi, in queste rappresentazioni, i punti ricevuti dai tracciatori quando hanno raggiunto il mare.

L'osservazione delle immagini permette di individuare, in modo immediato, le zone principali di accumulo dei macro-rifiuti galleggianti, corrispondenti alle aree caratterizzate da nuvole di punti. Queste aggregazioni sono generate sia da molte posizioni trasmesse dai diversi tracciatori, sia da lunghi periodi di sosta di pochi di questi, così come da una combinazione fra queste due condizioni. In ogni caso, corrispondono a luoghi in cui è molto probabile che si verifichi lo stazionamento di oggetti trasportati dal fiume, un'informazione interessante per la futura definizione di azioni di mitigazione e raccolta.

Fiume Adige

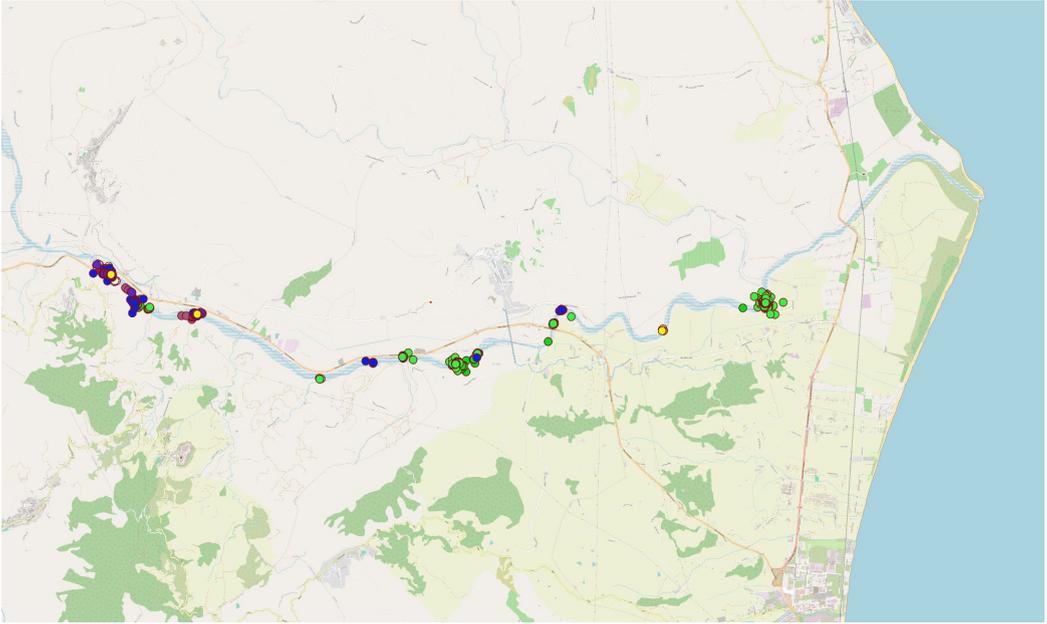
Nei 18 mesi dell'indagine 9 tracciatori sono arrivati nelle immediate pertinenze della foce e di questi 3 sono certamente entrati in Adriatico.



Il primo arrivo in mare è stato registrato a inizio luglio 2022; pertanto questo tracciatore, in meno di un mese, ha percorso un tragitto lungo quasi 70 km.

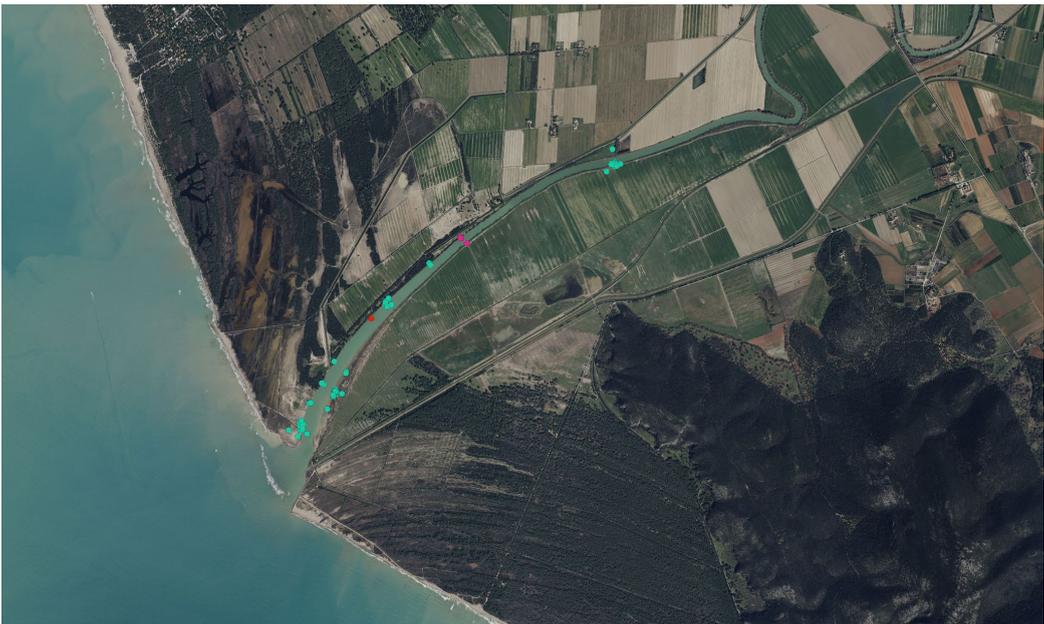
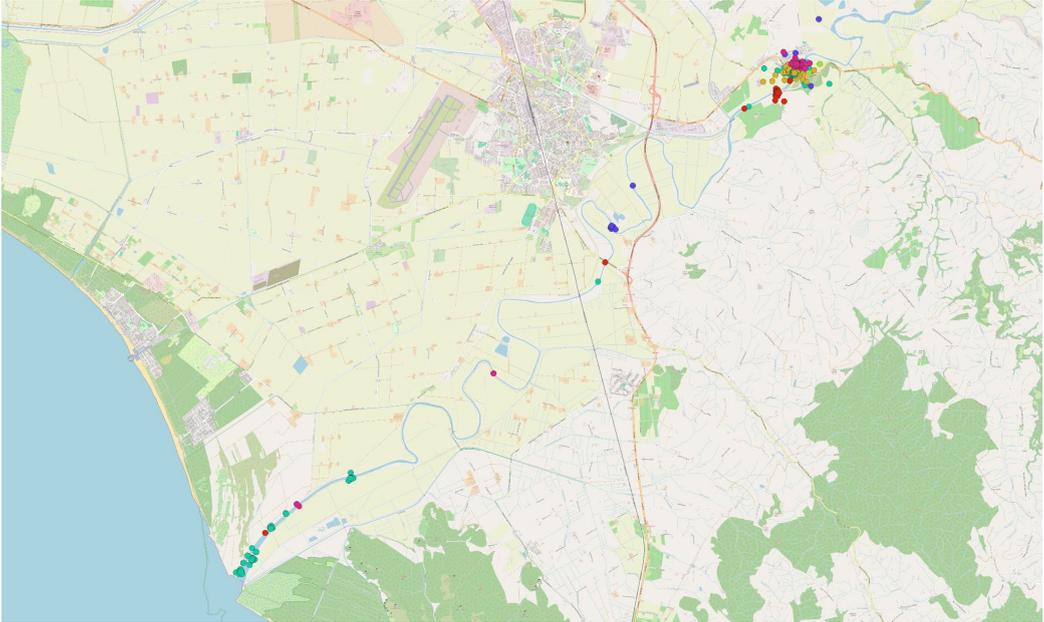
Fiume Neto

Dei tracciatori rilasciati nel Neto dopo 18 mesi solo uno ha certamente raggiunto il mare, a dicembre 2022, percorrendo un tragitto di circa 30 km dal punto di lancio. Tutti gli altri tracciatori hanno compiuto percorsi più brevi, senza neanche approssimarsi alla zona di foce. I principali punti di accumulo sono localizzati a monte della SS 106.



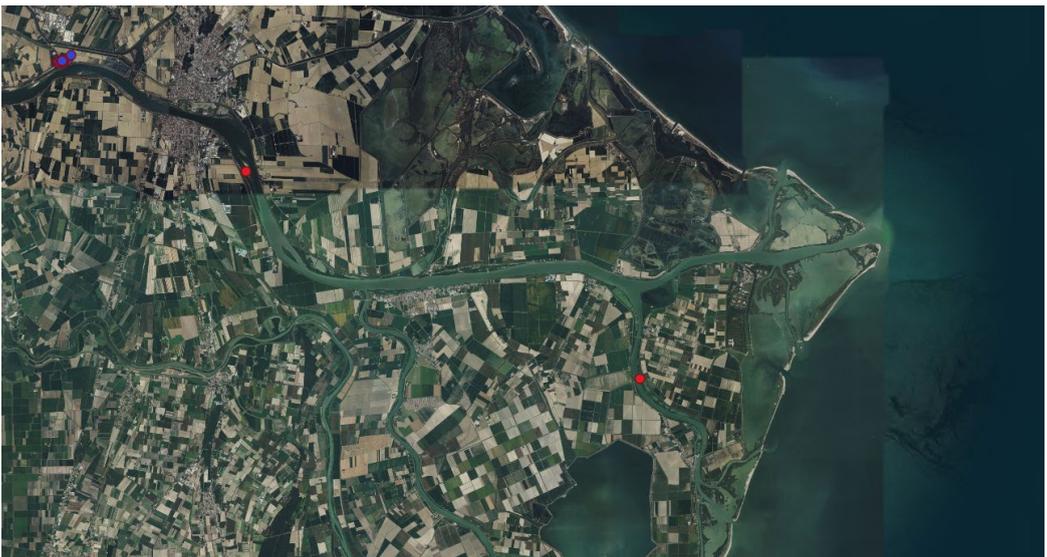
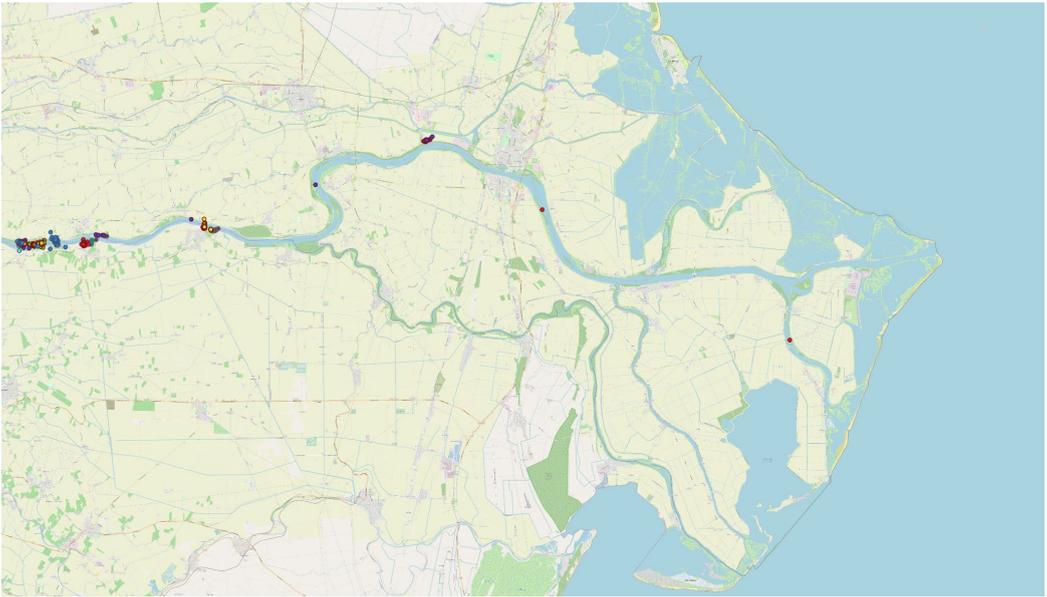
Fiume Ombrone

I tracciatori hanno sostato a lungo nell'area di rilascio spostandosi poi rapidamente verso il mare in corrispondenza di forti precipitazioni. Sette unità sono arrivate nelle immediate vicinanze della foce o direttamente in mare a fine settembre 2022.



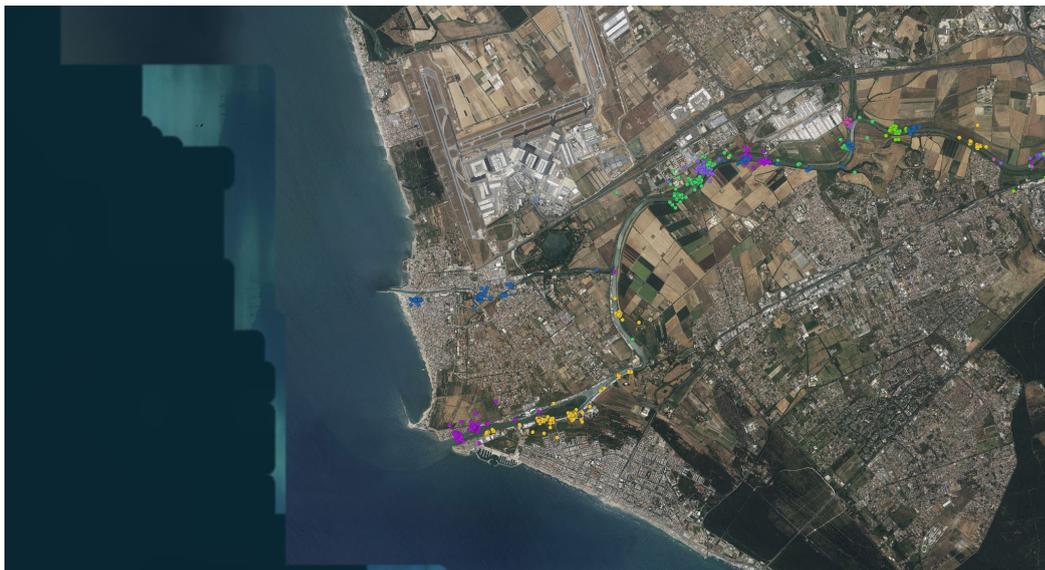
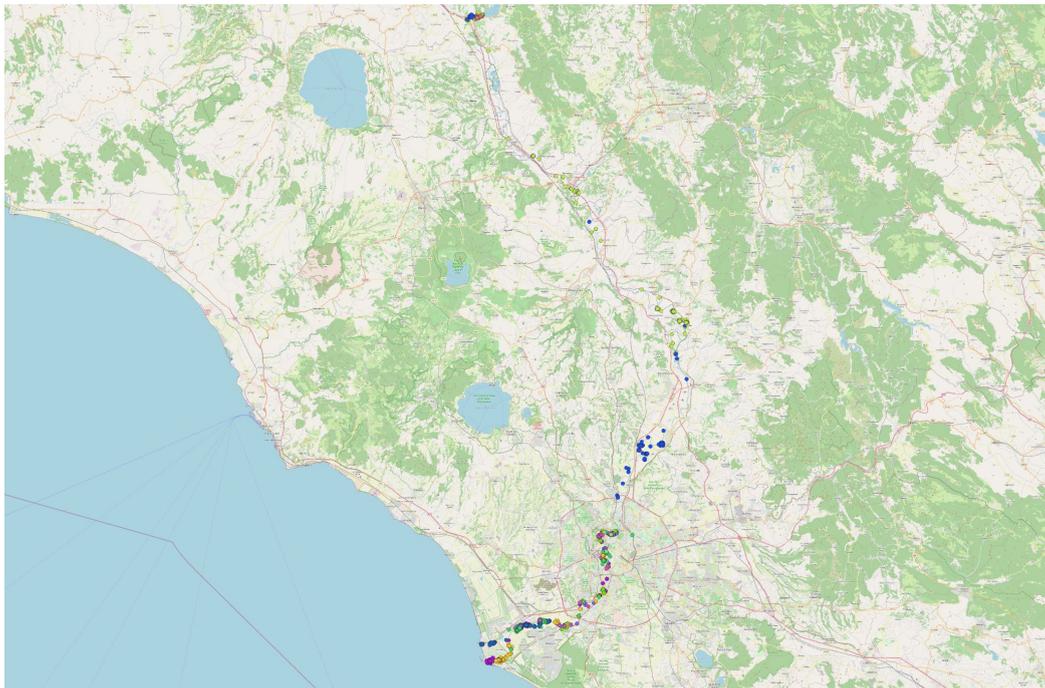
Fiume Po

I tracciatori rilasciati nel fiume Po hanno sostato per un lungo periodo poco a valle del punto di lancio, rimettendosi in moto a inizio aprile 2023. Il dispositivo che ha avanzato di più si trovava, a giugno 2023, poco oltre Polesine Camerini, instradato verso la Sacca degli Scardovari, dopo un percorso di 65 km. In data di fine progetto, solo uno dei tracciatori rilasciati nel Po ha raggiunto il mare.



Fiume Tevere

Dei tracciatori rilasciati a Roma, solo tre sono certamente arrivati a mare, continuando a trasmettere il proprio segnale per molte settimane e consentendo di ricostruire i loro movimenti fino all'arcipelago toscano. Principali punti di accumulo rilevati: Foro Italico, Ponte Sisto/Isola Tiberina, zona Magliana, Parco Leonardo (prossimità barriera blocca rifiuti), foci.

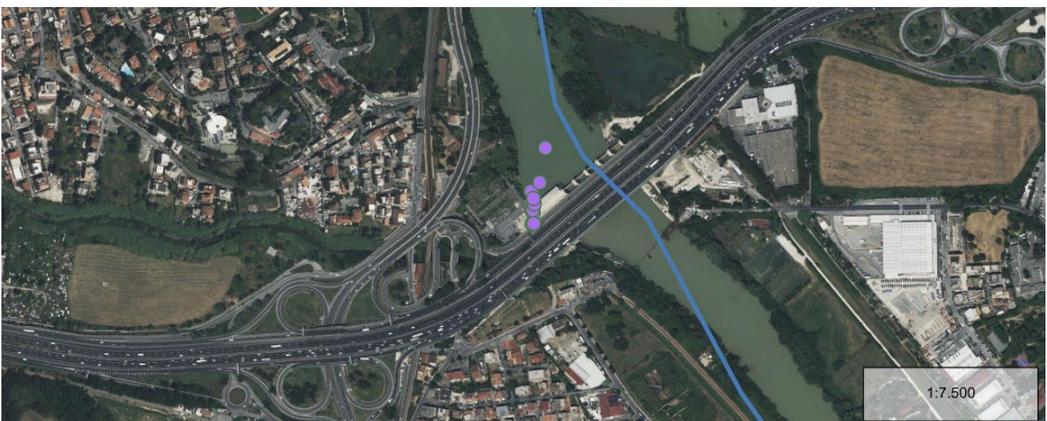


Un ulteriore lancio di tre tracciatori è stato effettuato in Umbria, per valutare il comportamento dei dispositivi nei confronti delle grandi dighe e di altri sbarramenti presenti nei tratti medio e terminale del Tevere. A dicembre 2023, si è registrata la seguente situazione:

- uno si è fermato lungamente nella fitta vegetazione subito a valle della diga di Corbara (comune di Orvieto – TR), prima della confluenza con il fiume Paglia, per poi ricominciare a scendere lungo il fiume;
- uno, rappresentato in verde nell'immagine seguente, alla fine della sperimentazione era fermo allo sbarramento della seconda diga della centrale di Nazzano (RM);

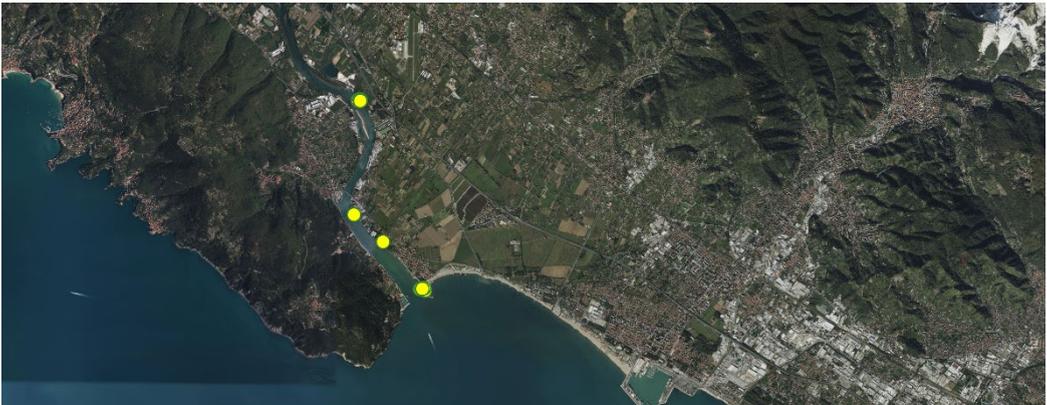
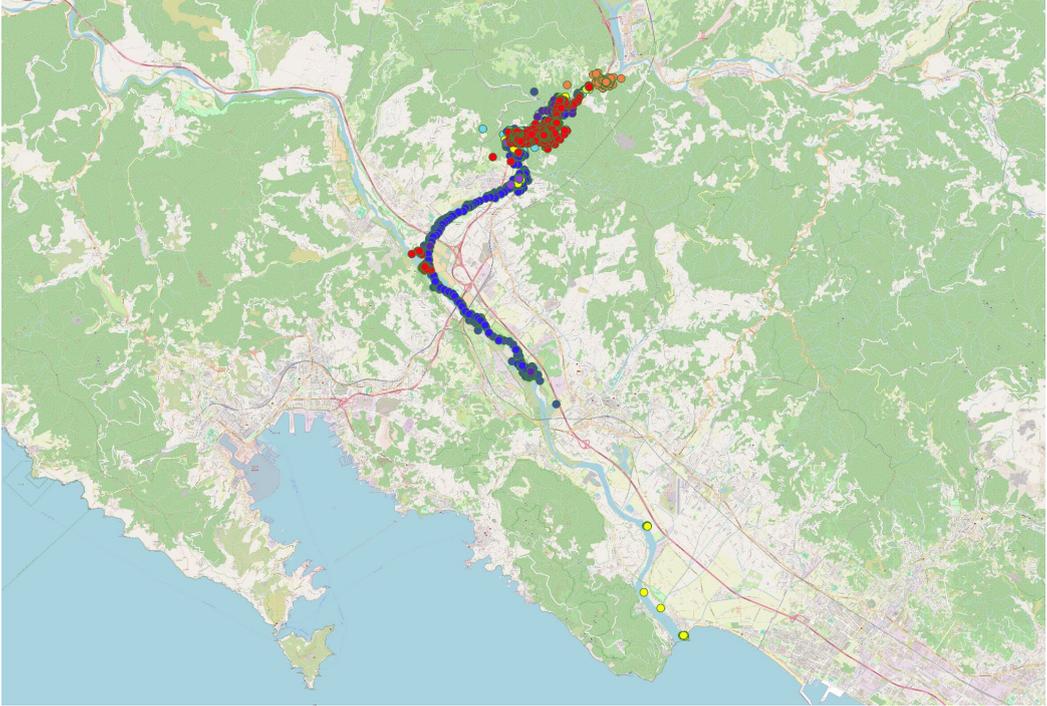


- l'ultimo, rappresentato in viola nell'immagine seguente, a dicembre 2023 si trovava subito a monte della diga di Castel Giubileo, nel comune di Roma. È interessante rilevare che questo tracciatore ha compiuto un percorso di circa 150 km, superando nel suo tragitto 5 grandi sbarramenti.



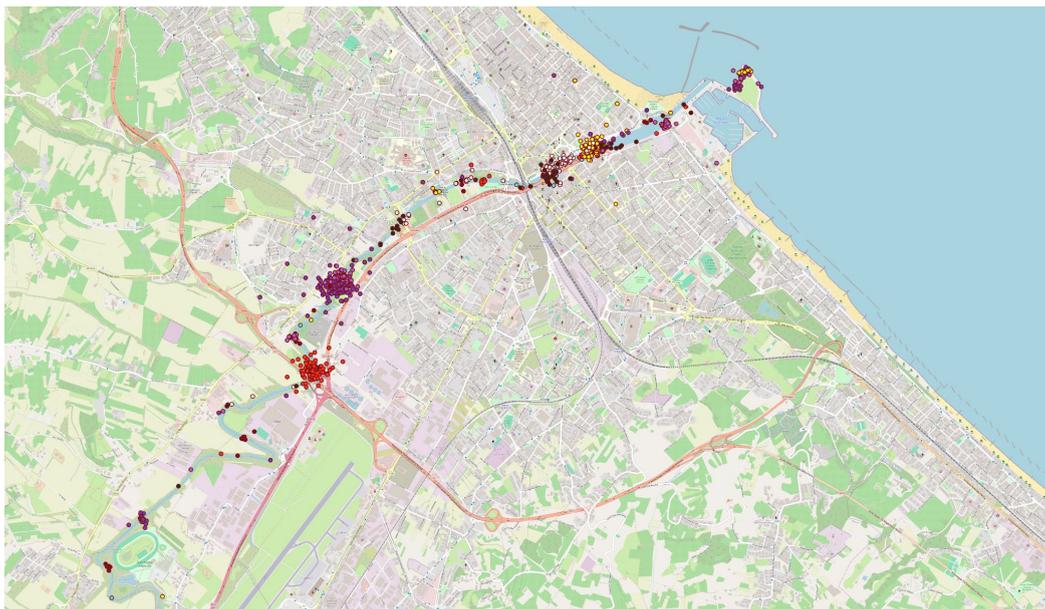
Fiume Magra

Il lancio dei tracciatori è stato eseguito a giugno 2023 a circa 25 km dalla foce. Solo 3 sono arrivati direttamente in mare o nelle immediate vicinanze, coprendo il percorso in poco meno di tre mesi. Principali zone di accumulo, dopo il rilascio: Albiano Magra.



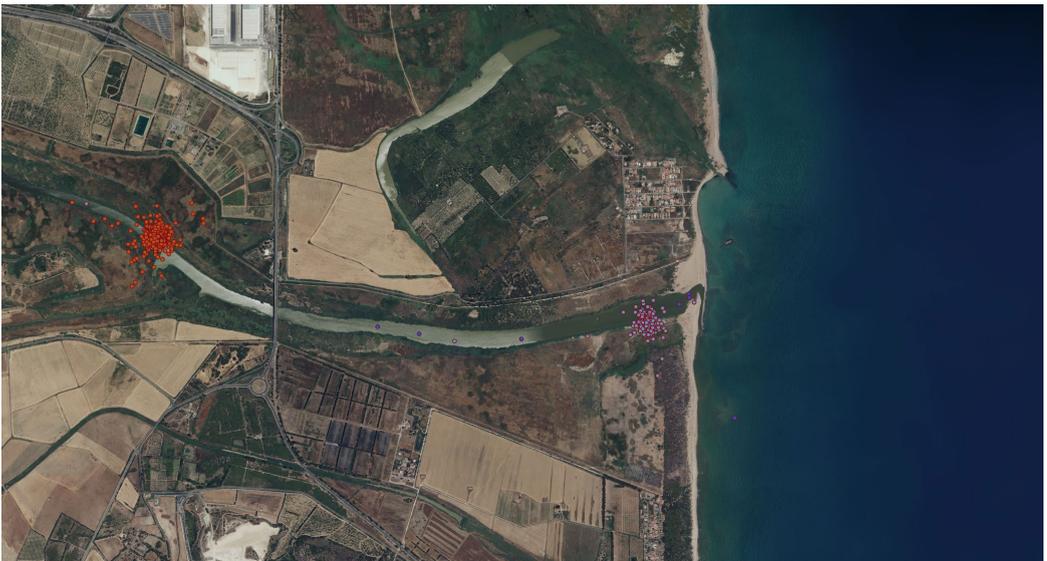
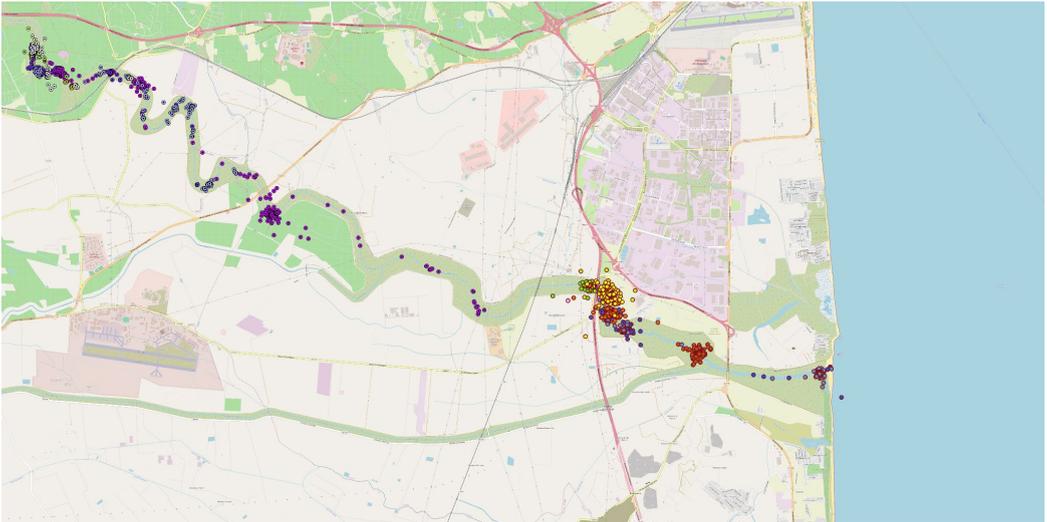
Fiume Pescara

I 10 tracciatori rilasciati nel Pescara a luglio 2023 hanno percorso, dal punto di lancio fino alla foce, 10 km in poche settimane. La maggior parte è rimasta incagliata per i mesi successivi poco a monte dello sbocco in mare. Soltanto 3 sono entrati in Adriatico, spostandosi rapidamente verso Sud. La principale zona di accumulo è localizzata subito a valle della SS 714.



Fiume Simeto

Nel Simeto sono stati rilasciati 20 tracciatori, in due stazioni poste rispettivamente a 10 e 35 km dalla foce. Di questi, solo uno, appartenente al gruppo lanciato a minore distanza dalla foce, ha raggiunto il mare e si è allontanato verso Est. Altri due tracciatori sono arrivati nel tratto terminale del fiume ma si sono incagliati in prossimità della foce.

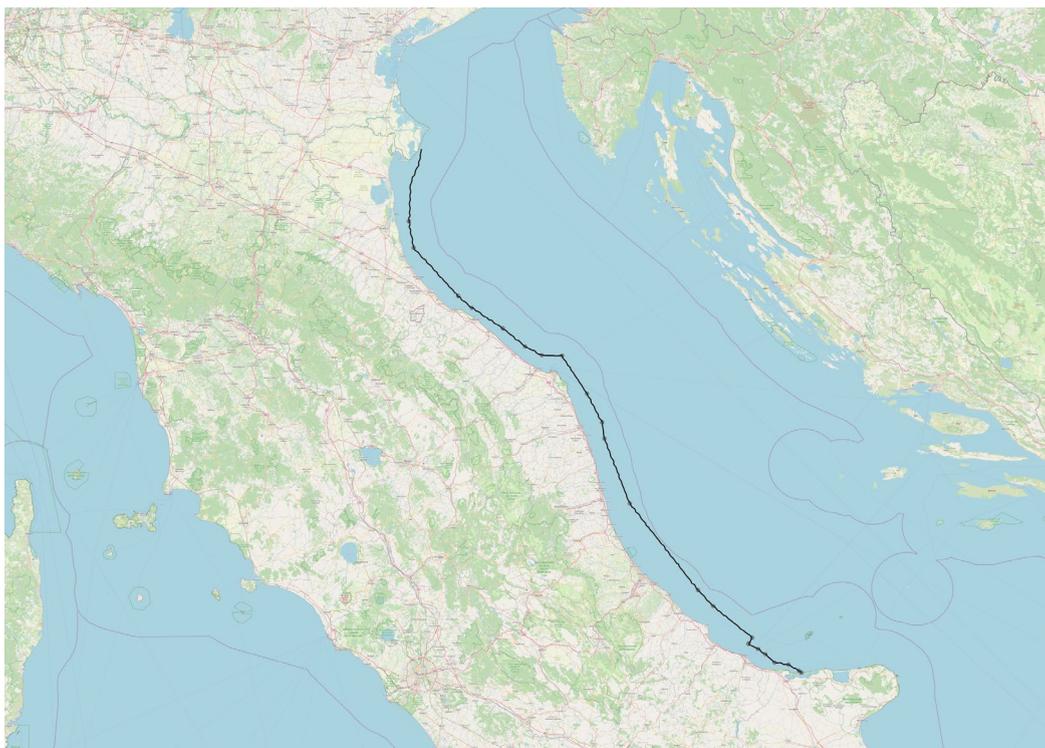


Tracciatori in mare

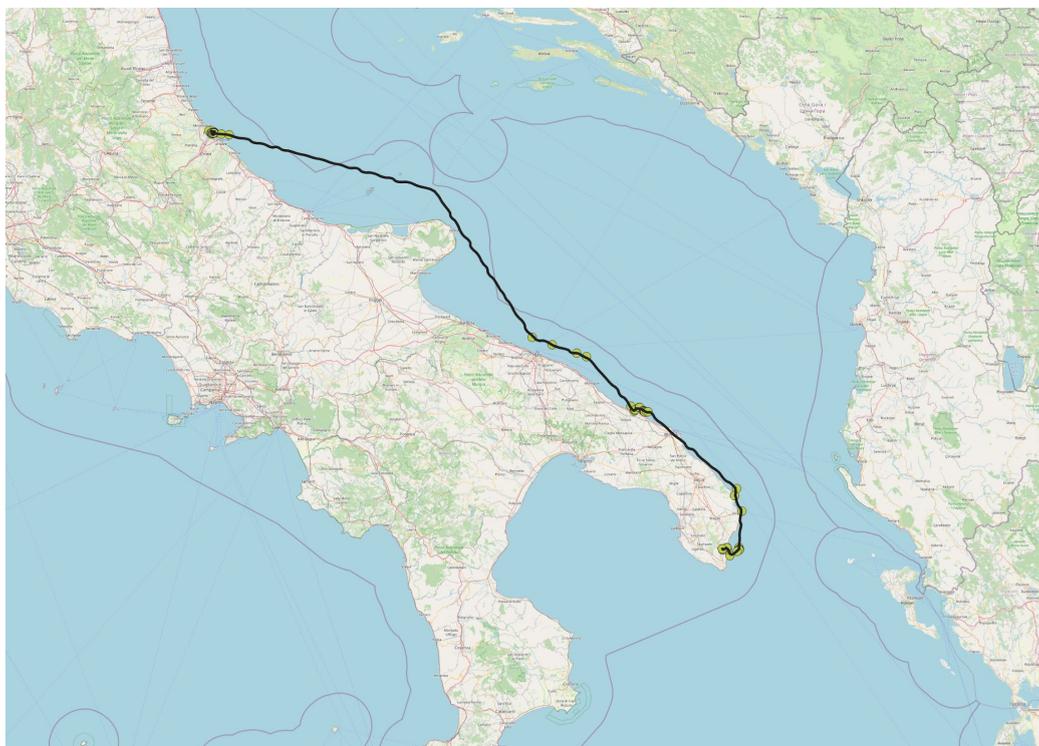
Alcuni dei tracciatori rilasciati nei fiumi Adige, Ombrone, Neto, Pescara, Po, Simeto e Tevere hanno raggiunto il mare.

I tracciatori utilizzati in questa sperimentazione sono in grado di inviare le proprie posizioni al server solo se si trovano a distanza limitata dalla costa. Per questa ragione non è possibile realizzare un'analisi esaustiva del loro comportamento in mare. Ciononostante, i tracciati delle localizzazioni di alcuni dispositivi forniscono ugualmente spunti di significativo interesse.

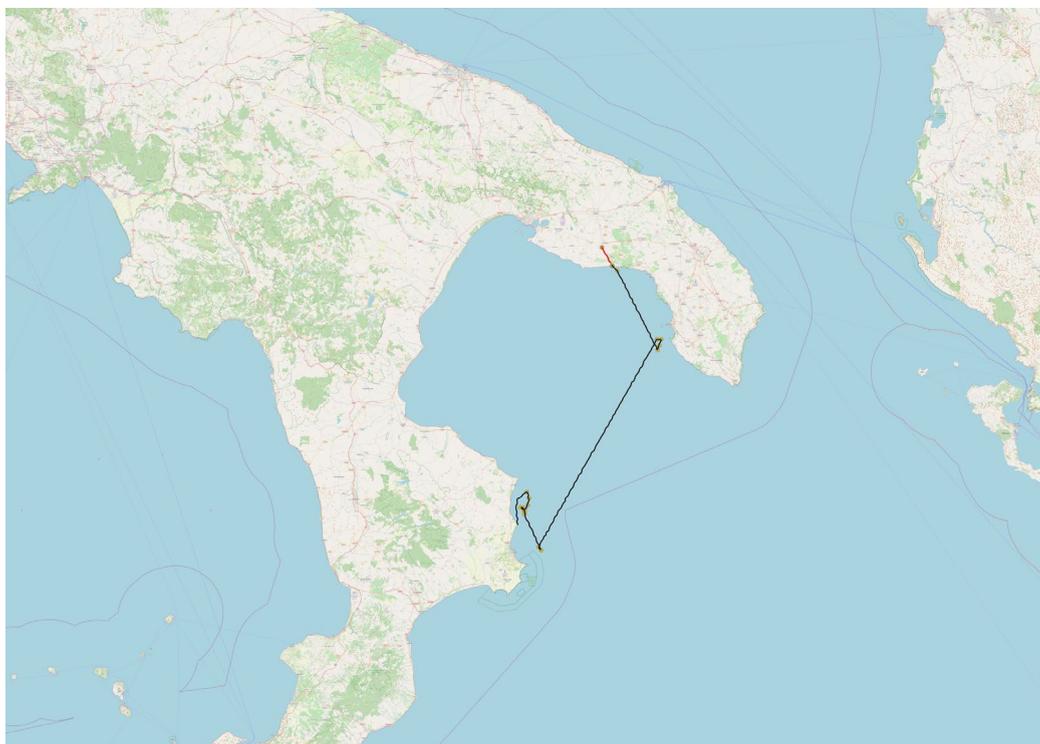
Nella figura successiva è riportato lo spostamento di svariate centinaia di km compiuto da un tracciatore trasportato dal Po, che si è mosso lungo la corrente antioraria dominante arrivando nei pressi della costa prospiciente il lago di Lesina, in provincia di Foggia.



Rimanendo in Adriatico, anche un tracciatore trasportato dal fiume Pescara ha compiuto un lungo percorso, come mostrato nella figura seguente, superando il promontorio del Gargano fino a raggiungere il sud della Puglia.

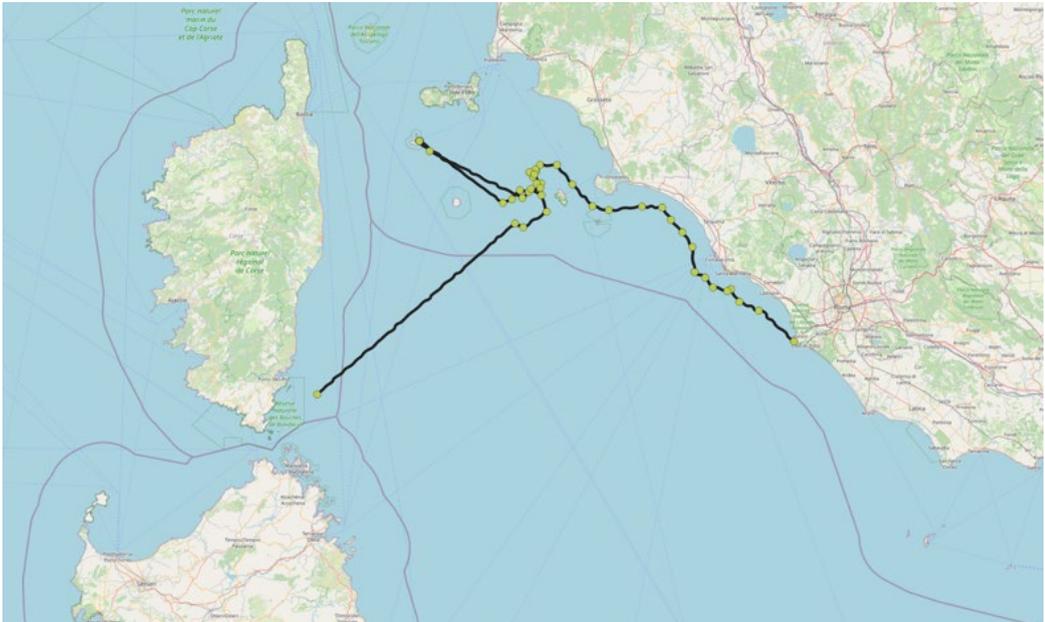


L'unico tracciatore trasportato in mare dal fiume Neto ha sostato per due giorni al largo di Torre Melissa, sulle coste calabresi, e ha poi attraversato il Golfo di Taranto in circa 9 giorni, caratterizzati da un regime di venti molto intensi. È rimasto qualche tempo al largo di Gallipoli, poi si è avvicinato alla costa tarantina, per finire – presumibilmente – raccolto e conferito in un centro di raccolta di rifiuti, dal momento che gli ultimi segnali sono stati trasmessi da una località dell'entroterra, nei pressi di Manduria (TA).



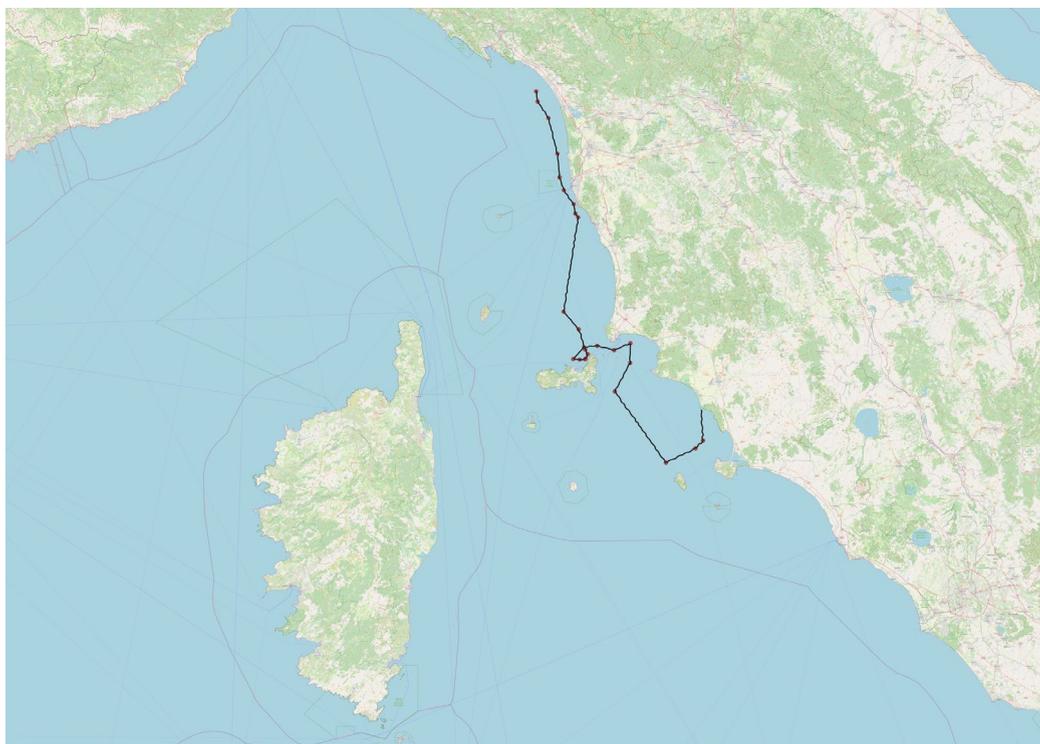
In Mar Tirreno le immissioni da Tevere e Ombrone hanno anch'esse seguito prevalentemente la corrente antioraria dominante.

Uno dei tracciatori trasportati dal Tevere ha compiuto numerosi spostamenti intorno all'Isola d'Elba, Capraia e Montecristo, con frequenti movimenti di andata e ritorno verso zone che potrebbero essere aree preferenziali di accumulo.

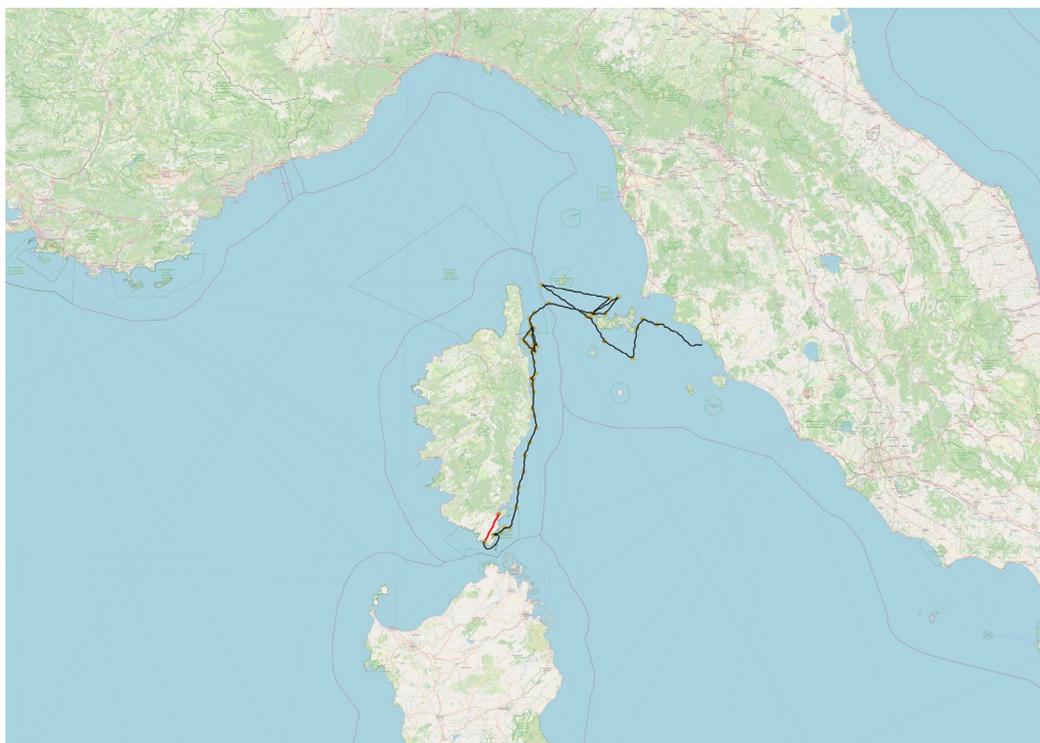


I tracciatori trasportati in mare dal fiume Ombrone hanno compiuto percorsi molto articolati, disperdendosi in direzioni differenti e coprendo anche distanze considerevoli.

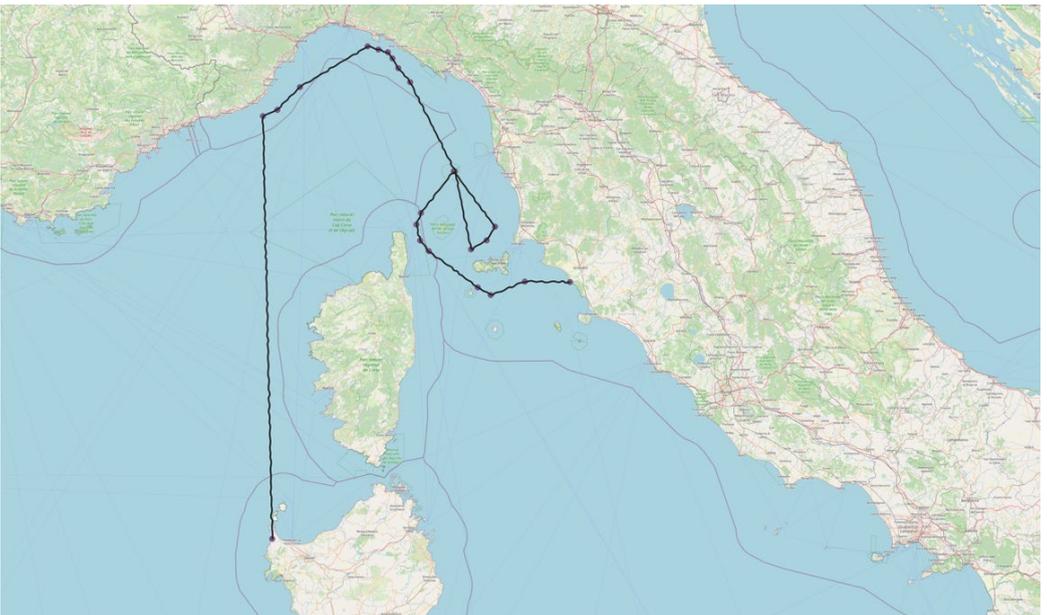
Un tracciatore si è spostato tra le isole dell'Arcipelago Toscano, è rimasto per diversi giorni al largo dell'Isola d'Elba e poi è risalito lungo la costa, fino a giungere nei pressi del confine con la Liguria.



L'altro si è spostato verso la Corsica, discendendo da nord a sud la costa orientale dell'isola.



Due tracciatori, infine, hanno percorso tutto il Mar Ligure, da oriente a occidente, seguendo un tracciato antiorario: uno ha quasi toccato Capo Corso, prima di puntare su La Spezia per poi proseguire verso la Costa Azzurra; l'altro ha compiuto un tragitto simile, muovendosi prima verso la Corsica, poi a nord lungo tutta la costa ligure, ed infine, ricomparendo intorno a Capo Caccia, all'estremo nord-occidentale della Sardegna.



Discussione

I risultati del progetto – che ha interessato 12 fiumi rappresentativi delle tre sottoregioni marine identificate dalla Direttiva Quadro sulla Strategia Marina – forniscono importanti elementi conoscitivi riguardo alla quantità, alla composizione e alla dinamica di spostamento dei macro-rifiuti galleggianti (> di 2.5 cm) trasportati dai corsi d’acqua.

I tre fiumi della sottoregione Mar Ionio e Mediterraneo centrale, ossia Simeto, Agri e Neto, insieme al fiume Ombrone, hanno registrato i livelli più bassi di oggetti osservati.

Il Sarno e il Tevere sono invece i due fiumi che hanno registrato i valori di oggetti/ora più elevati, sensibilmente maggiori di quelli riscontrati in tutti gli altri corsi d’acqua; per il Tevere deve essere preso in considerazione il fatto che il monitoraggio è stato realizzato sulla foce del ramo minore del fiume (Canale di Fiumicino). Entrambi i fiumi, prima della stazione di monitoraggio, attraversano un’area urbana. La presenza di insediamenti informali (*sensu* UN-HABITAT, 2010) lungo le sponde e ambiti a forte presenza antropica dove passa il fiume è uno dei fattori che generalmente incide di più sulle quantità di rifiuti trasportati.

A parziale conferma di questa valutazione, i fiumi su cui sono stati riscontrati i valori più bassi di rifiuti galleggianti attraversano nel loro tratto terminale ambiti a prevalente vocazione rurale, con scarsa presenza di urbanizzato.

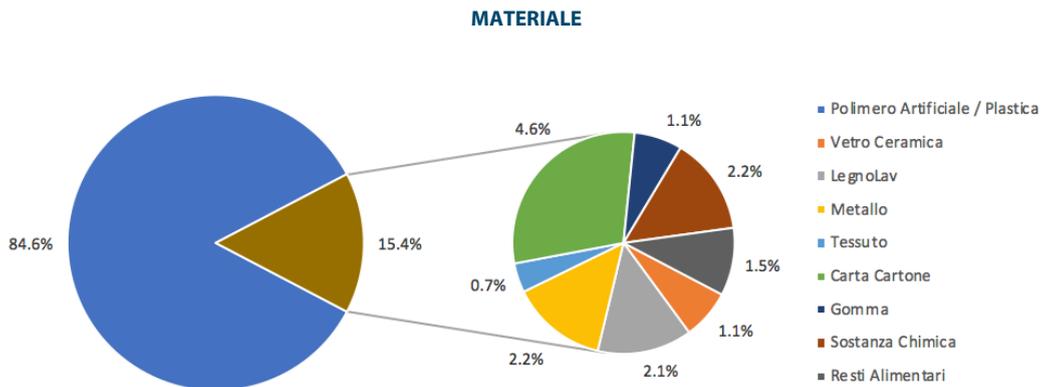
FIUME	MEDIA OGG/ORA ANNUALE
SARNO	65.9 ± 18.7
TEVERE	62.4 ± 21.2
PO	33.2 ± 10.8
MAGRA	17.0 ± 3.0
RENO	8.2 ± 2.9
MISA	6.1 ± 3.5
ADIGE	5.5 ± 2.4
PESCARA	4.1 ± 1.7
SIMETO	3.4 ± 1.1
OMBRONE	1.8 ± 1.7
AGRI	0.9 ± 0.5
NETO	0.8 ± 0.3

La distribuzione dei rifiuti galleggianti nel corso delle quattro stagioni di monitoraggio non ha evidenziato andamenti uniformi e non emerge un periodo dell’anno che è ovunque contraddistinto da maggiori quantità di rifiuti veicolati verso il mare. Questa variabilità può essere attribuita a diversi fattori. Da un lato, l’inverno e l’autunno sono generalmente caratterizzati da flussi d’acqua più abbondanti e, di conseguenza, da un potenziale trasporto più consistente di macro-rifiuti (in questo lavoro i dati non sono stati normalizzati per la velocità della corrente). D’altra parte, in estate si è notato un aumento della presenza di rifiuti provenienti dalle stazioni di osservazione lungo la costa adriatica, probabilmente a causa di flussi turistici più elevati ma anche di una maggiore fruizione ricreativa dei fiumi in quella stagione.

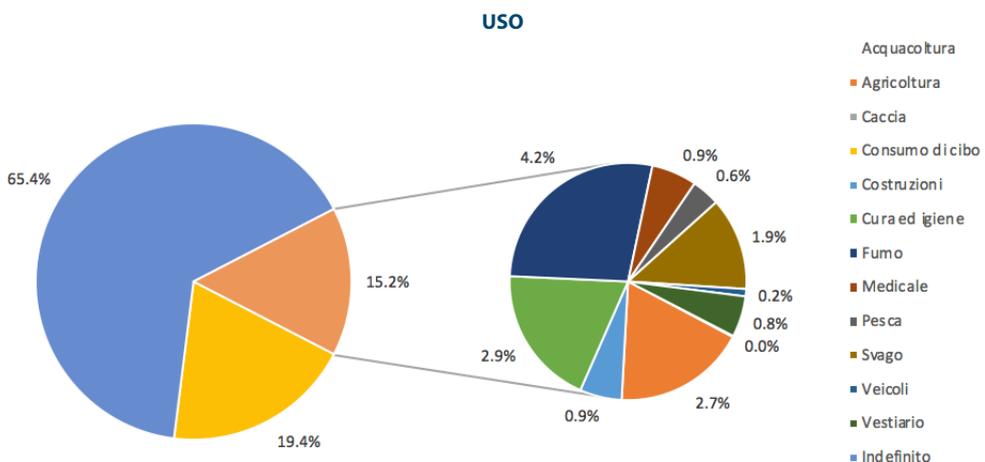
La restituzione del valore, per ciascun fiume, del numero dei rifiuti per ora che giungono al mare è un indicatore che nel tempo permetterà di valutare gli andamenti. Tenuto conto della marcata variabilità delle condizioni dei corpi idrici non è possibile fare una “media”

nazionale unificando tutti i dati raccolti, come invece realizzato per altre informazioni, quali grandezza, tipologia di materiale, categoria d'uso.

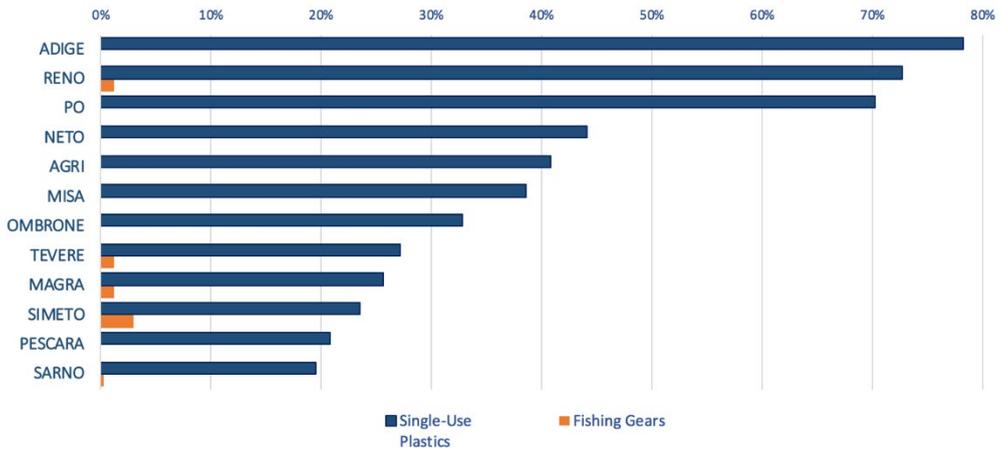
Per quanto riguarda la composizione dei macro-rifiuti galleggianti, è emerso che la larga maggioranza - più dell'80 % - degli oggetti avvistati è costituita da polimeri artificiali e materiali plastici, spesso monouso (35.2 %). Questo risultato è in linea con i dati emersi in numerosi studi precedenti, in particolare quelli raccolti ed elaborati nell'ambito del progetto RIMMEL (González-Fernández & Hanke, 2017).



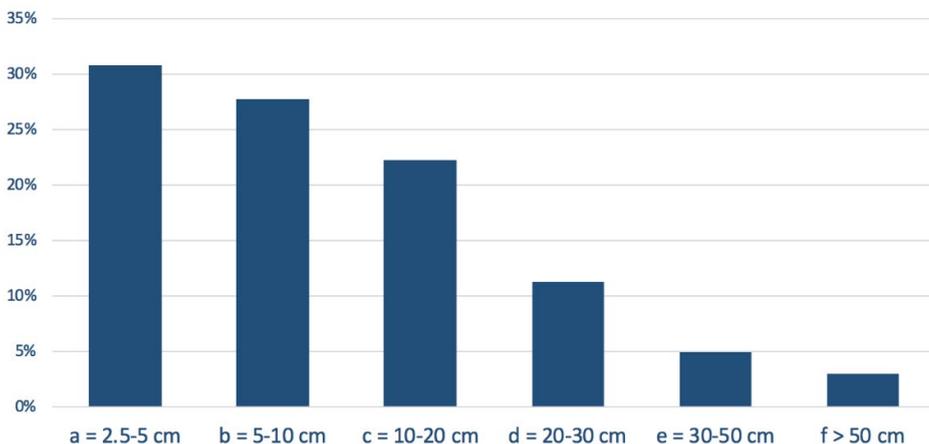
Per molti oggetti non è stato possibile accertare l'uso (l'attività o settore produttivo) di origine a causa delle dimensioni ridotte dei frammenti rilevati. Tra quelli identificabili, la percentuale maggiore deriva da attività legate alla produzione e consumo di alimenti, principalmente bottiglie di plastica e tappi ma anche imballaggi.



Il Sarno, il fiume che ha registrato il livello maggiore di rifiuti osservati, è quello caratterizzato dalla presenza percentuale minore di plastiche monouso. Questo è dovuto al fatto che la maggior parte degli oggetti identificati sono frammenti di imballaggi, teli di plastica industriale e pezzi di polistirolo, presumibilmente provenienti dai numerosi insediamenti produttivi dislocati nel territorio di questo corso d'acqua e non dal centro urbano. Questo studio preliminare sul Sarno evidenzia la necessità di una investigazione più dettagliata sulla provenienza dei rifiuti veicolati a mare dai grandi corsi d'acqua. Comprendere con esattezza il contributo dei diversi affluenti, loro rami minori e canali, consente di mettere a punto strategie di mitigazione e prevenzione più efficaci.



Più del 50 % dei rifiuti osservati ha una dimensione minore di 10 cm. Questo dato potrebbe essere anche leggermente sottostimato. Infatti, per alcuni fiumi, come il Po, a causa della larghezza dell'alveo, e quindi dell'altezza del ponte e della larghezza della striscia di monitoraggio, per la misura 'best' è stata considerata la classe dimensionale *b* (grandezza oggetto tra 5 e 10 cm) e quindi il numero di oggetti osservati e classificati nella classe dimensionale *a* potrebbe essere inferiore alla reale presenza in alveo.



La decisa prevalenza di rifiuti di piccole dimensioni è presumibilmente determinata da significativi processi di frammentazione che gli oggetti subiscono prima di raggiungere il mare. Questo fenomeno è da mettere in relazione con i lunghi tempi di permanenza in alveo dei macro-rifiuti galleggianti che - come emerge dall'analisi delle dinamiche di spostamento effettuata con i tracciatori - rimangono intrappolati dalla vegetazione riparia o sulle barre fluviali, finendo talvolta inglobati nei margini spondali.

Solo un numero relativamente esiguo di tracciatori ha raggiunto il mare. I comportamenti mostrati anche in corrispondenza di portate rilevanti - tuttavia non assimilabili a quelle di piena, che non si sono verificate a causa della scarsità idrica che ha contraddistinto il periodo di svolgimento del progetto - suggeriscono che generalmente i macro-rifiuti sono trasportati per distanze non elevate anche in concomitanza di portate sensibilmente superiori a quelle di morbida, seguendo un pattern ricorrente "stop e go". Molti dispositivi sono stati bloccati, per periodi più o meno prolungati, dalla vegetazione e sono stati rimosi, ma per brevi distanze, da brusche variazioni del livello idrico indotte da fattori naturali o da attività di regolazione degli sbarramenti idraulici artificiali.

L'analisi dei movimenti a mare, sebbene non esaustiva perché limitata ai tracciatori che sono rimasti vicini alla linea di costa, evidenzia come i rifiuti di plastica possano compiere percorsi anche molto lunghi, sospinti dalle correnti e dai venti. Le direttrici di spostamento seguite da alcuni tracciatori, così come l'osservazione di lunghi periodi di sosta in corrispondenza sia di aree marine sia di zone prospicienti la linea di costa di alcune isole, restituiscono informazioni utili anche nell'ambito delle politiche di gestione rifiuti.

I risultati del progetto forniscono quindi un contributo prezioso riguardo all'Italia e offrono elementi interessanti per la definizione di strategie di prevenzione e riduzione del *marine litter*, un fenomeno che rischia di avere un impatto molto intenso sulla conservazione della biodiversità del Mediterraneo.

Conclusioni

Il monitoraggio dei macro-rifiuti galleggianti alle foce dei fiumi è uno dei programmi di monitoraggio previsti dal recepimento della Direttiva Quadro sulla Strategia Marina.

Questo tipo di indagine permette non solo di valutare le tendenze dei quantitativi dei rifiuti che giungono in mare, verificando così il target stabilito sulla loro diminuzione, ma anche di determinare l'efficacia dei programmi di misura sulla riduzione dei rifiuti dispersi che giungono al mare.

Il progetto qui presentato è la prima sperimentazione che a livello Unionale ha monitorato in contemporanea, per un anno, con un protocollo sistematico ed a livello nazionale, l'apporto di macro-rifiuti dai fiumi al mare nell'ambito della Strategia Marina.

La scelta dei fiumi, nonostante i numerosi corsi d'acqua in Italia, non è stata semplice. Oltre a criteri legati al protocollo di monitoraggio e alla scelta della stazione, anche la sicurezza dell'operatore è stato uno dei fattori che hanno ridotto il numero dei fiumi potenzialmente oggetto d'indagine.

Essendo un monitoraggio sperimentale, sono stati selezionati fiumi che, oltre a garantire una adeguata distribuzione su scala nazionale, lungo il loro corso attraversano differenti tipologie di copertura del suolo (agricolo, urbano, industriale o commerciale, naturale e seminaturale e.g.).

La copertura del suolo ed il "*littering behaviour / fly-tipping*" (comportamento legato alla 'pratica' di produzione dei rifiuti / abbandono dei rifiuti) sono tra i fattori che più influiscono sul quantitativo dei macro-rifiuti per fiume.

Corsi d'acqua che attraversano grandi ambiti urbani, come Roma, o fiumi che scorrono in aree in cui i comportamenti dei produttori di rifiuti sono tali da non farli rientrare nella "filiera" di raccolta, hanno infatti i valori più alti di macro-rifiuti galleggianti monitorati; i fiumi che attraversano aree agricole e/o seminaturali (Ombrone, Neto, Agri, Simeto) o che non hanno un grosso flusso di acqua (Agri) non trasportano molti rifiuti a differenza dei fiumi che passano per centri urbani densamente abitati (Tevere, Sarno) o che hanno una grande portata (Po, Tevere).

La maggior parte dei rifiuti deriva da attività legate alla produzione e consumo di alimenti, anche se per molti oggetti non è stato possibile identificare l'uso originale a causa della dimensione estremamente ridotta dei frammenti rilevati.

I tracciatori rilasciati nei fiumi hanno invece evidenziato come lo spostamento sia quasi sempre intermittente, con un forte effetto di intrappolamento lungo il corso d'acqua. I rifiuti vengono nuovamente mobilizzati da significative variazioni di portata, ma generalmente compiono percorsi brevi, fermandosi in numerose aree di accumulo differenti prima di giungere a mare.

Le informazioni sul flusso dei rifiuti nei fiumi, ottenute attraverso l'uso dei tracciatori, hanno permesso di capire meglio il complesso movimento dei rifiuti galleggianti nei fiumi. Sponde e vegetazione possono bloccare per molto tempo gli oggetti e l'aumento di portata, può, a volte ma non sempre, farli ripartire. Alcuni tracciatori hanno smesso di trasmettere dati giornalieri, per poi riprendere successivamente l'invio degli spostamenti; questa mancanza di segnalazione, tra gli altri motivi, può essere dovuta anche ad un sotterramento provvisorio a seguito di spostamento di sedimenti durante aumenti di portata del fiume.

Il percorso dei rifiuti monitorato dai tracciatori, inoltre, pone l'attenzione su altri elementi come la differenza tra l'area di produzione del rifiuto e l'area di gestione del rifiuto, sia in ambito nazionale sia transfrontaliero.

Nel caso del fiume Tevere, la barriera blocca rifiuti ha, presumibilmente, bloccato due dei tracciatori; uno dei quali ha poi proseguito il suo percorso, mentre l'altro ha smesso di inviare segnalazioni, quindi presumibilmente raccolto e destinato al ciclo rifiuti.

Barriere blocca rifiuti o miglioramento della capacità delle grandi dighe di bloccare i rifiuti galleggianti, attraverso le rimozioni dalle griglie di presa, possono essere delle soluzioni per la rimozione dei rifiuti dispersi prima che questi giungano al mare (vedi Articolo 6 di Legge Salvamare e DD 525/2023).

I risultati, in particolare quelli della sottoregione Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale, non sono in linea con le informazioni del monitoraggio dei macro-rifiuti galleggianti realizzati dalle Agenzie Regionali di Protezione Ambientale in aree costiere e di quelli realizzati da ISPRA in mare aperto. La presenza dei rifiuti in mare è presumibilmente dovuta ai corpi idrici minori che sfociano direttamente in mare, spesso asciutti in estate, che attraversano centri urbani densamente abitati.

Questo studio preliminare ha permesso una prima quantificazione, descrizione e trend annuale di macro-rifiuti galleggianti dispersi in 12 fiumi italiani; i risultati sopra descritti hanno evidenziato anche la necessità, oltre che di rendere continuo il monitoraggio, anche all'interno del SNPA, di investigare l'apporto al mare dei rifiuti provenienti dai corsi d'acqua minori che attraversano centri urbani densamente abitati.

Bibliografia

Campanale C., Stock F., Massarelli C., Kochleus C., Bagnuolo G., Reifferscheid G., Uricchio V.F., 2020. Microplastics and their possible sources: The example of Ofanto river in southeast Italy. *Environmental Pollution*, Volume 258, March 2020, 113284. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113284>

Cesarini G., Crosti R., Secco S., Gallitelli L., Scalici M., 2023. From city to sea: Spatio temporal dynamics of floating macrolitter in the Tiber River. *Science of the Total Environment* 857 (2023) 159713. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159713>

Commissione Europea, 2008. Direttiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 giugno 2008 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino (Direttiva quadro sulla Strategia Marina Europea)

Commissione Europea, 2019. Direttiva (UE) 2019/904 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 giugno 2019 sulla riduzione dell'incidenza di determinati prodotti di plastica sull'ambiente

Crosti R., Arcangeli A., Campana I., Paraboschi M., González-Fernández D., 2018. 'Down to the river': amount, composition, and economic sector of litter entering the marine compartment, through the Tiber river in the Western Mediterranean Sea. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 29(4), 859-866.

Fleet D., Vlachogianni Th. Hanke G., 2021. A Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring. EUR 30348 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-21445-8, doi:10.2760/127473, JRC121708

González-Fernández D., Hanke G., 2017. Toward a harmonized approach for monitoring of riverine floating macro litter inputs to the marine environment. *Frontiers in Marine Science*, 4, 86.

González-Fernández D., Cózar A., Hanke G., Viejo J., Morales-Caselles C., Bakiu R., ... Tourgeli M., 2021. Floating macrolitter leaked from Europe into the ocean. *Nature Sustainability*, 4(6), 474-483.

Hanke G., Galgani F., Werner S., Oosterbaan L., Nilsson P., Fleet D., Kinsey S., Thompson R., Palatinus A., Van Franeker J., Vlachogianni T., Scoullou M., Veiga J., Matiddi M., Alcaro L., Maes T., Korpinen S., Budziak A., Leslie H., Gago J., Liebezeit G., 2013. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. EUR 26113. Publications Office of the European Union, Luxembourg. JRC83985

Lebreton L. C., Van Der Zwet J., Damsteeg J. W., Slat B., Andrady A., Reisser J., 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature communications*, 8(1), 15611.

Meijer L. J., van Emmerik T., Van Der Ent R., Schmidt C., Lebreton L., 2021. More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18), eaaz5803.

Schmidt C., Krauth T., Wagner S., 2017. Export of plastic debris by rivers into the sea. *Environmental science & technology*, 51(21), 12246-12253.

United Nations Environment Programme, 2021. *From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution*. UNEP. Nairobi.

United Nations Human Settlements Programme, 2010. *State of the world's cities 2010/2011: Bridging the urban divide*. UN-HABITAT. Nairobi.

QUADERNI
RICERCA MARINA

19/2024