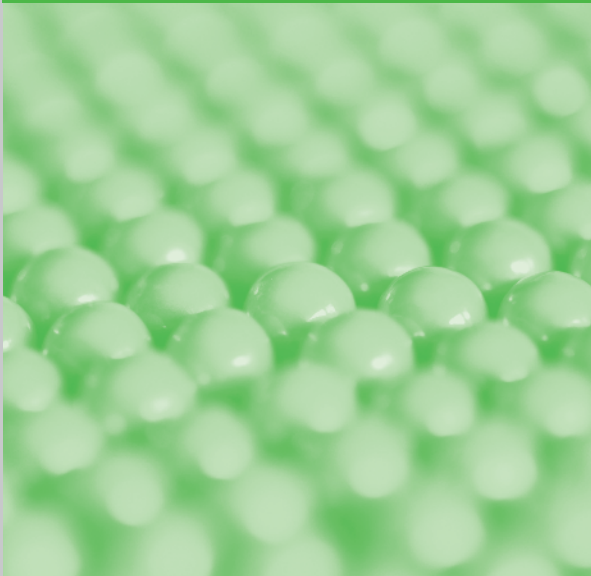




Studio sulla presenza di microplastiche nel Lago Ceresio

Novembre 2018

Per ulteriori informazioni

Dipartimento del territorio

Sezione della protezione dell'aria dell'acqua e del suolo

Ufficio della gestione dei rischi ambientali e del suolo

Ufficio del monitoraggio ambientale

Via Franco Zorzi 13, 6501 Bellinzona

tel. +41 91 814 29 71

fax +41 91 814 29 79

e-mail dt-spaas@ti.ch

<https://www4.ti.ch/dt/da/spaas/sezione/>

PREMESSA

L'inquinamento da microplastiche delle acque dolci, contrariamente a quello degli ambienti acquatici marini, è un fenomeno ancora poco approfondito. Il primo studio condotto in questo senso in Svizzera risale al 2014, quando la Scuola politecnica federale di Losanna, su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente, ha proceduto a un approfondimento volto principalmente all'individuazione di microplastiche nelle acque e nella sabbia delle spiagge di sei laghi svizzeri, tra cui il Lago Maggiore.

Sulla scorta del rapporto che ne è scaturito e di altri approfondimenti condotti da diverse nazioni europee, il Dipartimento del territorio, vista la mancanza di dati concernenti la presenza di microplastiche nel Ceresio, e considerato che l'impatto sugli ecosistemi acquatici non può ancora essere valutato con completa cognizione di causa, ha ritenuto opportuno, per la prima volta, compiere una ricerca analoga sul Lago di Lugano.

I dati raccolti - che vengono presentati nel dettaglio in questo studio - ci portano ad affermare che, secondo le conoscenze attuali, il rischio ambientale derivante dai livelli di microplastiche riscontrati nelle acque del Ceresio non va sottovalutato, nondimeno si rendono necessari ulteriori approfondimenti.

Un primo passo è stato dunque compiuto anche in Ticino. Il prossimo consisterà nel proseguire nell'opera di monitoraggio e nel valutare la messa in atto di misure più efficaci per ridurre l'emissione di microplastiche, a tutela dell'ambiente e del territorio.

Claudio Zali
Consigliere di Stato
Direttore del Dipartimento del territorio

SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE	6
2.	CAMPIONAMENTO	9
3.	PREPARAZIONE DEI CAMPIONI E SEPARAZIONE DEL MATERIALE PLASTICO	13
4.	RISULTATI E DISCUSSIONE	16
	4.1 Numeri e concentrazioni	16
	4.2 Tipologia fisica	19
	4.3 Tipologia chimica	22
5.	CONCLUSIONI E PROSPETTIVE	25
6.	RINGRAZIAMENTI	27
7.	REFERENZE	28

● INTRODUZIONE

La presenza di materiali plastici nell'ambiente è attualmente oggetto di studi che stanno portando alla luce delle tracce ubiquitarie nelle acque, nel suolo e all'interno di alcuni organismi. Si fa riferimento in particolare alle microplastiche, generalmente definite con dimensioni inferiori a 5 mm. La loro origine può essere "primaria": si tratta in questo caso di materiali sintetici prodotti intenzionalmente, quali certe materie prime per l'industria o i componenti abrasivi all'interno di prodotti chimici o cosmetici (*Figura 1*). Le microplastiche di origine "secondaria" derivano invece da plastiche di dimensioni maggiori (macroplastiche) disperse nell'ambiente e dalla loro seguente frammentazione, che può avvenire per effetto degli agenti atmosferici, dell'erosione meccanica, delle radiazioni UV o di una certa degradazione biologica.¹



Figura 1: Esempi di microplastiche "primarie" e "secondarie": microsfele di polietilene all'interno di un prodotto abrasivo per la pulizia delle mani (a sinistra) e materiali plastici abbandonati nell'ambiente che possono in seguito venire dispersi - trasportati dal vento e dalle piogge - e frammentarsi (a destra).

La presenza di plastiche negli ecosistemi marini è stata documentata a partire dagli anni '70. A lungo l'attenzione è stata rivolta principalmente ai possibili effetti fisici delle macroplastiche (dimensioni > 5 mm), per esempio l'ostruzione delle vie respiratorie o digestive della fauna acquatica,² mentre le indagini sulla presenza e i possibili effetti ambientali delle microplastiche sono state tematizzate solo di recente e, a oggi, sulla base di studi e dati ancora molto limitati. Per le acque dolci si è potuto stabilire genericamente e con una certa sorpresa che, anche nei Paesi dove i dispositivi per la protezione ambientale sono più all'avanguardia, concentrazioni tipiche di microplastiche si situano nello stesso ordine

di grandezza di quanto è possibile verificare nei mari, verosimilmente a seguito di una minore diluizione.^{1,3} I possibili effetti di tali microplastiche sono ancora in gran parte da approfondire, fermo restando che rispetto alle plastiche di più grandi dimensioni possono essere più facilmente trasmesse attraverso la catena trofica, sia direttamente che indirettamente, con eventuale produzione di stress epatico o fenomeni di accumulo.^{4,5} Altri effetti negativi possono dipendere da numerose variabili come la tipologia chimica e dimensionale, caratteristiche a loro volta rilevanti per altre proprietà indesiderabili quale il potenziale di assorbimento di altri inquinanti (per esempio i contaminanti organici persistenti, POPs).^{4,5} Per questi motivi, le indagini sulla presenza, la concentrazione, la tipologia e i meccanismi di diffusione di microplastiche nell'ambiente sono di estremo interesse e attualità.

Questo studio vuole fornire un importante contributo nell'ambito della ricerca e della caratterizzazione di microplastiche nelle acque dolci dopo la prima indagine in questo senso a livello federale pubblicata nel 2014, commissionata dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) al politecnico federale di Losanna (EPFL).^{6,7} Sono stati considerati diversi laghi e corsi d'acqua svizzeri, tra cui il bacino svizzero del lago Maggiore. Per ottenere dati utili sul Ceresio, lago non considerato sino ad ora, il Dipartimento del territorio ha deciso di eseguire, impiegando la stessa metodologia proposta dall'EPFL, la presente campagna di misurazione.

I risultati dello studio dell'EPFL hanno mostrato che tutti i laghi svizzeri sono toccati dall'inquinamento di microplastiche e che, seppure in quantitativi considerati non preoccupanti, i pesci e gli uccelli acquatici le possono ingerire. Nei 27 campioni di acqua superficiale analizzati sono state trovate mediamente circa 0.1 microparticelle per m² e quantitativi anche superiori a quelli tipicamente osservabili negli oceani. Sono presenti principalmente microplastiche secondarie da imballaggi – frammenti di polietilene (PE) e polipropilene (PP) in particolare – e schiume in polistirene (PS) espanso, probabilmente più legate al settore dell'edilizia. È stata documentata una variabilità molto importante nei risultati di singole misurazioni, indicando che la presenza di microplastiche in una determinata zona dei laghi e in un determinato momento può variare considerevolmente. Contrariamente alle attese, la densità di popolazione nel bacino imbrifero dei laghi è apparsa come un parametro non significativo per la conseguente presenza di microplastiche nelle acque. Piuttosto sembrerebbe incidere maggiormente l'influsso di precipitazioni rilevanti prima del campionamento e la prossimità di fiumi immissari. Nello studio, tali effetti sono stati ipotizzati come possibile spiegazione dell'elevata concentrazione di microplastiche nel bacino svizzero del lago Maggiore, pari a 0.22 microparticelle / m², quindi mediamente più del doppio rispetto alla media svizzera.^{6,7}

Rispetto agli altri laghi svizzeri studiati dall'EPFL, la ridotta superficie lacustre del Ceresio appare tale da poter favorire un maggiore accumulo di microplastiche. Va considerato che il Ceresio è composto da tre diversi bacini con caratteristiche morfologiche ed idrologiche differenti.⁸ Il bacino Nord, tra il ponte-diga di Melide e Porlezza, è profondo, ha un bacino imbrifero limitato e presenta di conseguenza un elevato tempo di ricambio teorico delle acque di circa 12 anni. Il bacino Sud, che si estende da sotto il ponte-diga di Melide fino ad Agno, ha una superficie lacustre e un'area imbrifera simile al bacino Nord ma un volume di circa 3 volte minore, con un ricambio delle acque più frequente (ca. 2 anni). Nel piccolo bacino di Ponte Tresa le acque sostano invece mediamente solo ~15 giorni prima di defluire nell'emissario, il fiume Tresa. La qualità chimica delle acque di questo bacino può essere pertanto considerata in equilibrio con il bacino Sud. Il bacino Nord è favorito da un impatto antropico minore (per esempio: apporto di nutrienti a lago più ridotto rispetto al bacino Sud), ma il tempo di ricambio delle acque in rapporto alla superficie è molto lento. Il bacino Sud invece, nonostante un ricambio delle acque più rapido, oltre a raccogliere le acque del bacino Nord riceve quelle trattate dai maggiori impianti di depurazione che gravano sul lago. Gli effetti sulle concentrazioni di microplastiche non sono conosciuti. In ogni caso, per ottenere risultati rappresentativi del lago, è necessario considerare almeno una zona rappresentativa per entrambi i principali bacini Nord e Sud.

Grazie alla disponibilità dell'EPFL, per il campionamento delle microplastiche sullo specchio d'acqua è stata impiegata la medesima rete già usata dal Politecnico federale. Anche il procedimento di raccolta e quello di trattamento e analisi dei campioni, descritti nel prossimo capitolo, sono quelli già proposti dall'EPFL nello studio citato.^{6,7}

2. CAMPIONAMENTO

Il campionamento delle plastiche galleggianti sulla superficie delle acque del lago è stato effettuato tramite una rete manta (Figura 2), dotata di una maglia di 300 μm (0.3 mm) con un'apertura di 60 cm di larghezza per 18 cm. Durante la raccolta la rete è stata mantenuta sul fianco di un natante tramite un braccio telescopico a una distanza di circa 3 m per evitare le irregolarità causate dalle onde prodotte dall'avanzamento del natante stesso sullo specchio dell'acqua. Sono state percorse tratte comprese tra 2 e 3.5 km in funzione della quantità di materiale galleggiante, registrando il tracciato dei segmenti di raccolta (Figura 3 e Tabella 1).

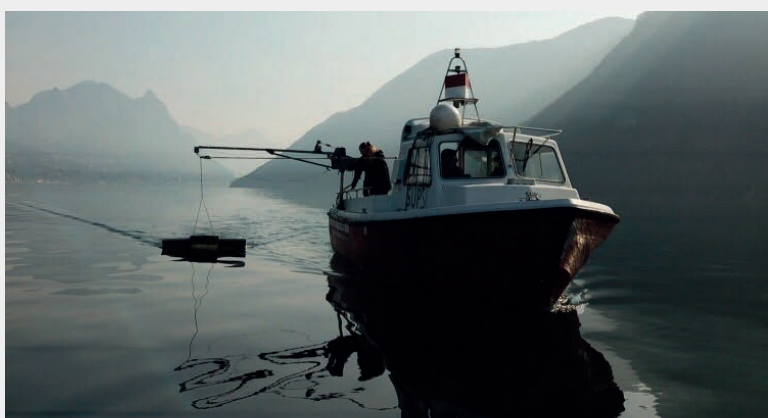


Figura 2: Rete manta sullo specchio d'acqua durante il campionamento (sopra) e immagine di un campione a conclusione della tratta di raccolta (in basso, a sinistra). Durante il campionamento, la rete è mantenuta a distanza dal natante per non influenzare negativamente lo specchio d'acqua (in basso, a destra).

I prelievi sono stati effettuati in due zone del lago, una per bacino, lontane da coste e baie per evitare aree di possibile o probabile accumulo particolare di materiale estraneo galleggiante. Le due zone in questione, scelte all'altezza di Gandria per il bacino Nord e presso Figino per il bacino Sud, sono anche state pensate tali da rappresentare il più possibile le condizioni che, mediamente, si possono riscontrare nei due bacini.⁸

Tutti i campionamenti sono stati eseguiti in condizioni di tempo sereno e vento debole o assente, in modo che le microplastiche galleggianti sullo specchio d'acqua non potessero inabissarsi e sfuggire alla rete. Con tali condizioni favorevoli è inoltre possibile trascinare il dispositivo di raccolta garantendo la stabilità necessaria per filtrare quantitativi d'acqua regolari e riproducibili. La ridotta velocità del natante durante il prelievo è stata mantenuta costante a circa 3 km/h, implicando per ogni segmento di prelievo, di una lunghezza compresa tra circa 2 e 3.5 km (Tabella 1), un tempo di campionamento compreso tra circa 40 e 70 minuti. Per ogni zona di prelievo e per garantire risultati robusti sono stati effettuati 3 campionamenti percorrendo altrettanti segmenti del lago (Figura 3). Infine sono stati scelti due momenti di prelievo allo scopo di poter evidenziare eventuali differenze dovute al possibile effetto di precipitazioni rilevanti prima del campionamento vero e proprio. I prelievi del 28 marzo sono stati preceduti da 9 giorni durante i quali nel bacino imbrifero del lago non si sono registrate né precipitazioni né fenomeni ventosi di particolare intensità. I prelievi di maggio, invece, sono avvenuti in un periodo con fenomeni temporaleschi serali: la stazione Meteosuisse a Lugano ha registrato in 10 minuti 8.4 mm di pioggia nella sera di domenica 06.05 (ore 20.05), rispettivamente 15.2 mm nella sera di martedì 08.05 (ore 19.55).

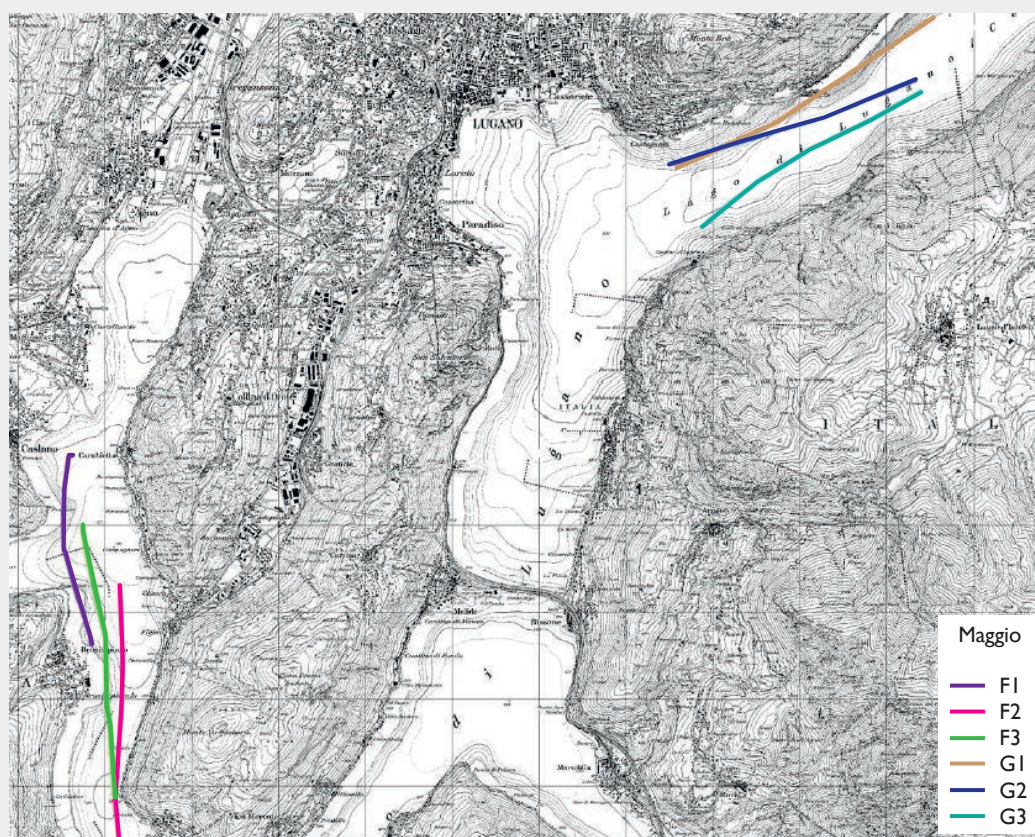
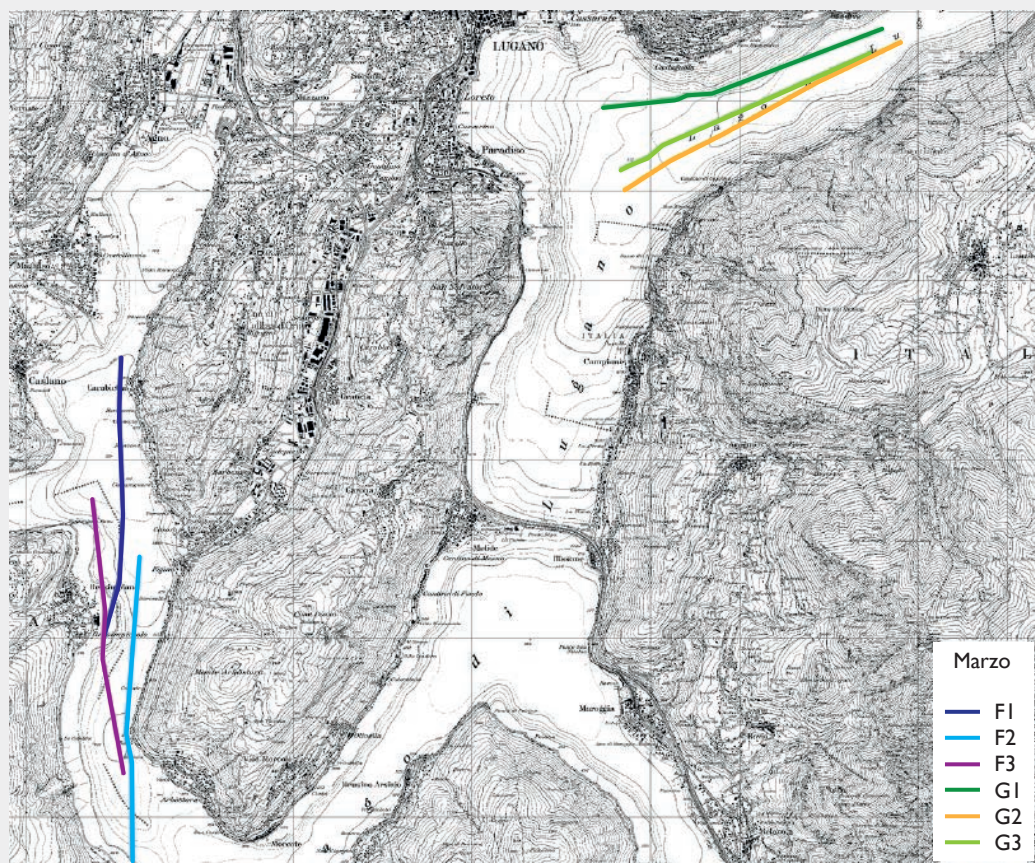


Figura 3: Traiettorie del natante durante la raccolta dei 6 campioni (3 nella zona di Gandria, G, e 3 nella zona di Figino, F) in occasione dei prelievi del 28 marzo 2018 (sopra) e dell'8 e del 9 maggio 2018 (sotto).

Prelievo (codice)	Data Prelievo	Distanza (km)	Superficie campione m ²	Prelievo (codice)	Data Prelievo	Distanza (km)	Superficie campione m ²
G1	28.03.2018	3.23	1'938	G1	08.05.2018	3.40	2'040
G2	28.03.2018	3.47	2'082	G2	08.05.2018	2.97	1'782
G3	28.03.2018	3.06	1'836	G3	08.05.2018	2.93	1'758
F1	28.03.2018	3.17	1'902	F1	09.05.2018	2.29	1'374
F2	28.03.2018	3.35	2'010	F2	09.05.2018	2.95	1'770
F3	28.03.2018	3.06	1'836	F3	09.05.2018	3.17	1'902

Tabella 1: Indicazione sulle distanze percorse per la raccolta delle microplastiche in occasione dei due momenti di prelievo, con la relativa superficie lacustre complessiva campionata (apertura della rete di 0.6 m). I tracciati relativi ai 12 campioni raccolti sono raffigurati nella Figura 3.

Il materiale filtrato dalla rete è stato raccolto in secchielli di plastica da 3 litri, provvedendo a lavare accuratamente la rete con una soluzione satura di sale per raccogliere tutto il materiale. La soluzione salina promuove la conservazione corretta del campione e l'emersione in superficie del materiale plastico. In attesa dei passi successivi, i secchielli sono stati trasportati in laboratorio e stoccati in cella frigorifera a 4°C.

3. PREPARAZIONE DEI CAMPIONI E SEPARAZIONE DEL MATERIALE PLASTICO

La metodica impiegata per la separazione e il conteggio delle plastiche è descritta nel dettaglio nelle pubblicazioni dell'EPFL.^{6,7} In primo luogo, ogni campione è stato filtrato grazie a tre setacci con maglie di dimensioni diverse (5 mm, 1 mm e 0.3 mm), in grado di trattenere le rispettive particelle di dimensioni superiori.

Le macroplastiche (> 5 mm), facilmente riconoscibili, sono state estratte visivamente usando delle pinzette. Le “grandi microplastiche” (dimensioni tra 1 e 5 mm) sono state invece ricercate con l'ausilio di un microscopio (Celestron handheld digital microscope) dopo essiccazione del materiale, per poi essere anch'esse estratte manualmente. Per contro, la frazione più fine (0.3 - 1 mm, “piccole microplastiche”) ha richiesto una preparazione del campione più laboriosa, necessaria per eliminare il materiale organico presente in misura variabile nei campioni.

Dopo completa essiccazione a 60° C, per una durata compresa fra le 24 e le 48 ore, ai campioni è stata aggiunta acqua ossigenata (H₂O₂) al 30% in quantitativi variabili fra i 20 e i 60 ml in funzione della massa di materiale organico naturale. Le miscele sono state agitate brevemente e lasciate immerse fino a ossidazione completa della materia organica da rimuovere.⁹ Per facilitare la separazione delle microplastiche, in alcuni casi la miscela è stata filtrata nuovamente con il setaccio da 0.3 mm eliminando le particelle non plastiche decomposte solo in parte dalla soluzione ossidante. In seguito il contenuto è stato filtrato per rimuovere la parte liquida e permettere nuovamente la disidratazione del campione prima di passare alla conta delle particelle.

Le plastiche così preparate sono state successivamente identificate, separate visivamente dal resto del campione e classificate in 8 diverse categorie sulla base delle loro caratteristiche e del loro aspetto.⁶ Tale operazione è stata completata per ogni ordine di taglia, annotando il numero totale di particelle ed il peso complessivo per ogni categoria (vedi Tabella con i risultati complessivi in allegato).

La Tabella 2 riporta delle immagini di plastiche estratte e catalogate, indicando nel contempo in quale ordine di taglia le rispettive tipologie sono state rilevate. Il quadro complessivo che ne deriva è lo stesso di quello già descritto in occasione dello studio EPFL.⁶

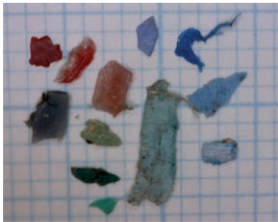
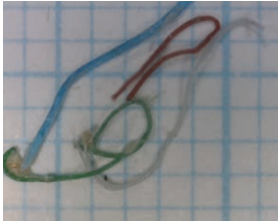
Tipologie e possibili utilizzi	Immagine - Esempi	> 5 mm	1-5 mm	0.3-1 mm
Frammenti - Degradazione di oggetti più grandi - Plastiche non specifiche		X	X	X
Film Imballaggi di diverso tipo		X	X	X
Fili Fili da pesca		X	X	X
Mousse Materiali a base di Sagex / Styropor		X	X	X
Granuli / Pellet Materiali di base industriali			X	
Fibre Tessili sintetici			(X)	X
Biglie Componenti di prodotti di consumo abrasivi				X
Altro*		X	X	X

Tabella 2: Tipologie di macro- e microplastiche considerate e catalogate nel presente studio, con indicazione della relativa origine tipica e immagini di materiali ritrovati. Sono indicati i tre ordini di taglia considerati, segnalando con la x il ritrovamento di almeno una particella delle diverse tipologie nell'ambito del presente studio.

* Categoria comprendente altri oggetti come parti di mozziconi di sigarette, frammenti d'alluminio.

Per individuare la tipologia chimica delle plastiche raccolte, parte dei materiali sono stati analizzati tramite spettroscopia infrarossa (Nicolet iS10 FTIR Spectrometer, Thermo Scientific). Lo spettro vibrazionale IR dei frammenti, confrontato automaticamente con gli spettri di referenza contenuti in una banca dati, permette di identificare il tipo di plastica – per esempio polietilene (PE), polipropilene (PP), polistirene (PS), polietilene tereftalato (PET), cloruro di polivinile (PVC), acetato di cellulosa (CA) ecc. Viste le caratteristiche dell'apparecchio disponibile, non è stato possibile effettuare questa analisi per le piccole microplastiche (0.3 - 1 mm), di dimensione troppo ridotta per poter ottenere una risposta affidabile.⁶

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 Numeri e concentrazioni

I risultati di dettaglio ottenuti per i 12 campioni – numero, peso e tipologie di macroplastiche e microplastiche – sono riportati nella tabella allegata al rapporto. Complessivamente sono state raccolte, separate, catalogate e studiate 106 macroplastiche e 4751 microplastiche (di cui 472 “grandi” e 4279 “piccole”). Le microplastiche sono state ritrovate in tutti i campioni, mentre le macroplastiche in 10 su 12 campioni. La presenza di plastiche nel Ceresio, come in altri laghi svizzeri ed esteri, ma anche nei mari o in certi suoli, può essere considerata ubiquitaria.^{3,10,11}

Come anche osservato in altre ricerche, i conteggi e le relative concentrazioni possono variare considerevolmente in funzione della zona di campionamento (in particolare: zone con una circolazione ridotta delle acque, baie, vicinanza alle rive, vicinanza ai corsi d'acqua), delle condizioni meteorologiche del momento o dei giorni precedenti (a seguito di importanti precipitazioni, che favoriscono il trasporto verso il lago di plastiche o in presenza di vento rilevante, con possibile rimescolamento verticale delle acque e diminuzione di materiale plastico galleggiante) o di altri fattori.^{4,6,7} La Figura 4, che illustra graficamente le concentrazioni dei materiali ritrovati nei 12 campioni, conferma in linea generale un'elevata variabilità dei risultati, con valori eterogenei anche all'interno dei campioni raccolti dalla stessa zona e nello stesso periodo.

Pur tenendo ben presente la variabilità nei risultati e i numerosi fattori che possono determinare la stessa, sulla base dei valori medi è interessante stimare un ordine di grandezza della problematica all'interno dei due bacini Nord / Sud e valutare eventuali differenze dettate dalle precipitazioni che hanno preceduto i prelievi di maggio. La tabella 3 riassume i relativi risultati statistici confrontandoli nel contempo ai dati complessivi.

Nonostante la letteratura suggerisca chiaramente che il rilascio di macro- e microplastiche nell'ambiente possa avvenire attraverso le acque a seguito d'intense precipitazioni e tramite meccanismi diversi – quali il dilavamento o l'entrata in funzione degli scaricatori di piena – i dati non indicano, contrariamente alle attese, delle differenze univoche tra i campioni di marzo (preceduti da tempo secco) e quelli di maggio (preceduti da temporali serali). Media e mediana del numero di microplastiche sono addirittura maggiori nei prelievi di marzo mentre, se rapportate al peso, le concentrazioni in maggio sono più alte di circa il doppio.

Secondo le attese, invece, sia numero che massa delle macroplastiche appaiono superiori nei risultati di maggio, con differenze più importanti in relazione al peso. In conclusione, la base statistica non è sufficiente per verificare e quantificare in maniera robusta gli effetti di dilavamento delle plastiche verso il lago Ceresio a seguito e in funzione dell'intensità delle precipitazioni.

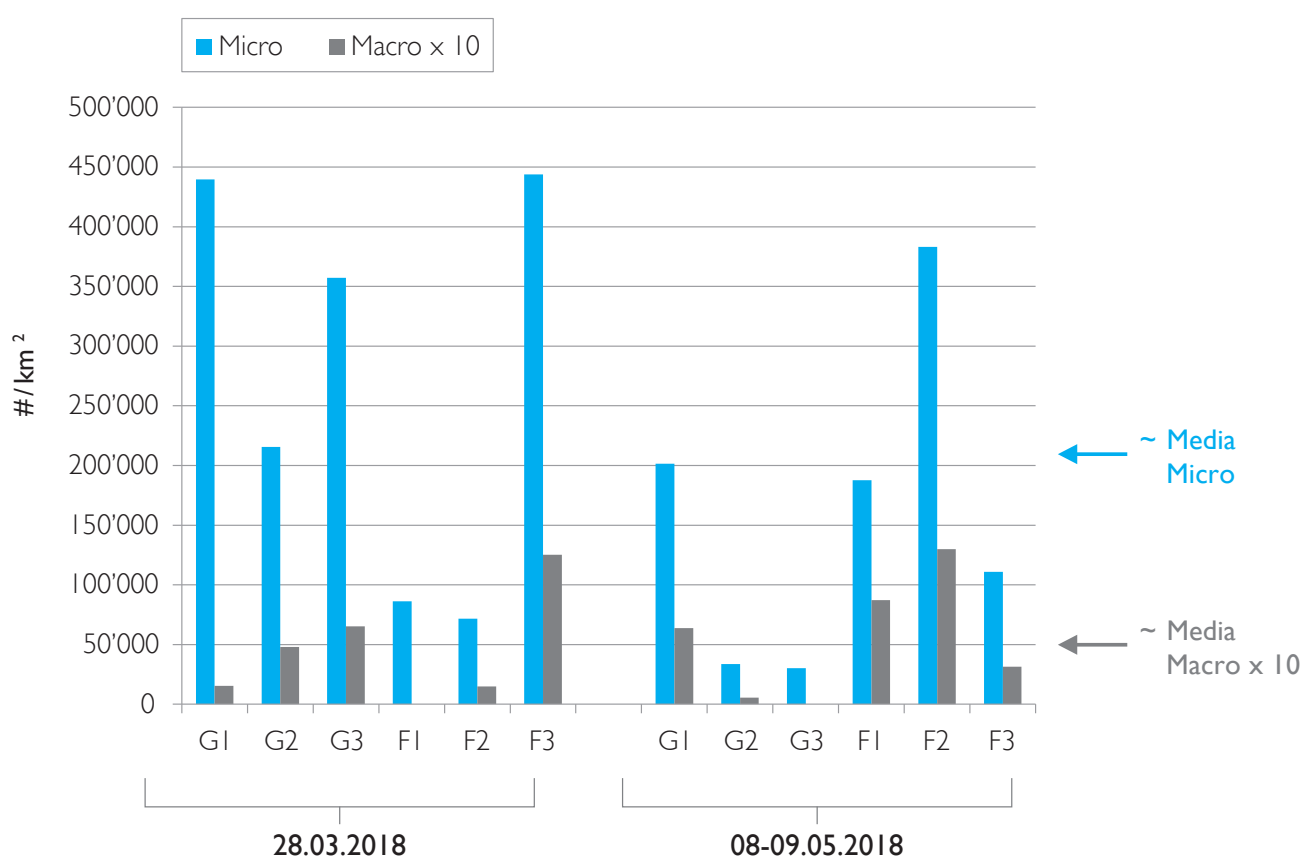


Figura 4: Conteggi complessivi di microplastiche (in azzurro, somma di “piccole” e “grandi” microplastiche) e macroplastiche (in grigio, risultato moltiplicato per 10) nei 12 campioni considerati. Le frecce indicano la concentrazione media per tutti i campioni.

	MICROPLASTICHE			MACROPLASTICHE		
	Media	Mediana	Dev. standard	Media	Mediana	Dev. standard
Gandria (# / km ²)	212'979	208'564	166'082	3'303	3'176	2'954
Gandria (mg / km ²)	68'189	29'883	97'397	40'992	27'316	45'362
Figino (# / km ²)	213'921	149'354	160'832	6'484	5'944	5'692
Figino (mg / km ²)	50'555	37'504	49'909	357'332	93'111	539'479
Marzo (# / km ²)	269'059	286'478	168'940	4'484	3'176	4'619
Marzo (mg / km ²)	33'272	29'883	29'925	120'944	31'251	225'354
Maggio (# / km ²)	157'841	149'354	132'244	5'303	4'764	5'046
Maggio (mg / km ²)	85'473	58'596	98'148	277'380	93'111	536'349
Ceresio (# / km²)	213'450	194'622	155'871	4'894	3'979	4'632
Ceresio (mg / km²)	59'372	32'304	74'357	199'162	66'067	400'646

Tabella 3: Media, mediana e deviazione standard dei risultati relativi al numero e al peso complessivo di plastiche ritrovate nella presente campagna per unità di superficie. Sono indicati i dati complessivi per le due zone studiate presso Gandria e Figino e per i due diversi momenti di prelievo di marzo e maggio ($n=6$). Sono infine indicati i dati complessivi per il Ceresio, calcolati considerando tutti i risultati ($n=12$).

Come descritto nel capitolo introduttivo, le differenti caratteristiche tra i bacini Nord e Sud del lago lasciano ipotizzare una qualità delle acque e livelli di inquinamento diversi. Per esempio, in relazione alle concentrazioni di microinquinanti idrosolubili (quali i farmaci o i pesticidi), il bacino Sud presenta dei residui maggiori considerato, nonostante un tempo medio di ricambio delle acque più veloce, un maggiore apporto dai fiumi immissari.¹² I risultati qui presentati non mostrano invece differenze significative tra i dati di Gandria e Figino. Mentre le microplastiche sono estremamente simili sia in numero ($\sim 213'000$ part. / km² presso Gandria e $\sim 214'000$ part. / km² presso Figino) che nel peso ($\sim 68'000$ mg / km² presso Gandria e $\sim 51'000$ mg / km² presso Figino), le macroplastiche appaiono d'accanto più frequenti presso Figino, anche se con variazioni molto importanti tra singoli prelievi e senza permettere di evincere tendenze generali (Figura 4). Il peso di ~ 9 volte più elevato delle macroplastiche di Figino nei prelievi di maggio, comunque, è da ricollegare al fatto che gli oggetti raccolti erano visivamente più grandi e con un livello di degradazione molto inferiore. Questa osservazione sembrerebbe supportare la tesi di un apporto delle plastiche in questione attraverso gli immissari del bacino Sud, con tutta probabilità a seguito delle intense precipitazioni nella sera dell'8 maggio.

Le importanti variazioni nei risultati di singoli prelievi sono ben documentate anche nel resto della letteratura scientifica, limitando la possibilità di un confronto rigoroso tra indagini differenti, visto anche che non sono ancora state definite metodiche di campionamento e analisi ufficiali e standardizzate.⁶

Nonostante tali limitazioni è considerato che la nostra indagine è stata eseguita con la stessa rete manta e la medesima metodologia proposta dall'EPFL nel primo studio nazionale pubblicato nel 2014, è sensato confrontare i dati qui raccolti per il Ceresio con quelli ottenuti dall'EPFL.⁶ La Tabella 4 illustra la situazione generale.

Con una media di ~ 0.2 microparticelle / m^2 , le concentrazioni di microplastiche nel Ceresio sono del tutto analoghe a quelle caratterizzate dall'EPFL nel Lemano e nel lago Maggiore (prelievi del 2013), pari a circa il doppio rispetto alla media svizzera.^{6,7} Fatte salve le limitate possibilità di confronto, questo dato si situa non solo nella parte alta dei valori misurati in Svizzera, ma anche in rapporto ad altri laghi nel mondo dove si sono documentate concentrazioni variabili tra ~ 0.001 e ~ 0.5 microparticelle / m^2 .¹ Per esempio uno studio di Legambiente su 6 diversi laghi italiani – tra cui il lago Maggiore – ha mostrato nel 2016 concentrazioni medie comprese tra circa 0.004 e 0.04 microparticelle / m^2 .¹³ Le elevate concentrazioni di microplastiche nel Ceresio, che andrebbero confermate e consolidate da ulteriori indagini, potrebbero ad ogni modo essere riconducibili alla limitata superficie (almeno rispetto agli altri laghi svizzeri studiati dall'EPFL), con una conseguente minore possibilità di diluizione degli inquinanti sullo specchio dell'acqua.^{6,7} Questa conclusione sembrerebbe rafforzata dall'osservazione di concentrazioni generalmente più elevate nei corsi d'acqua, per cui gli effetti della diluizione sono ancora più limitati. A titolo di esempio, nel Reno sono state misurate concentrazioni di microplastiche molto importanti e superiori a quelle di tutti i laghi (media ~ 0.9 microparticelle / m^2 , massimo ~ 3.9 microparticelle / m^2).¹⁰

4.2 Tipologia fisica

La Figura 5 mostra le proporzioni delle diverse tipologie di macro- e microplastiche (vedi anche Tabella 2) ritrovate in media presso Gandria, Figino o, complessivamente, nel Ceresio. È possibile osservare come i frammenti risultino il materiale più frequente. Le fibre sono relativamente abbondanti nella categoria dimensionale delle microplastiche mentre sono assenti tra le macroplastiche. Anche i film da imballaggi sono ben rappresentati all'interno delle microplastiche ma la loro frequenza è di molto superiore per le macroplastiche. Seguono i fili, le mousses, le biglie e i granuli. Per questi ultimi le proporzioni in massa tra le microplastiche, senza sorpresa, sono più importanti nonostante un numero relativamente ridotto, visto il maggiore peso specifico di questi oggetti. Contrariamente, mousses, fibre e fili risultano di norma più leggeri rispetto ad altre categorie.^{6,7}

	n	MICROPLASTICHE			MACROPLASTICHE		
		Media	Mediana	Dev. standard	Media	Mediana	Dev. standard
Lemano (# / km ²)	4	220'000	220'000	160'000	2'300	2'400	1'700
Lemano (mg / km ²)	4	46'000	57'000	25'000	44'000	50'000	33'000
Lemano Petit lac (# / km ²)	4	33'000	14'000	46'000	1'100	835	710
Lemano Petit lac (mg / km ²)	4	10'000	9'400	11'000	27'000	25'000	23'000
Costanza (# / km ²)	3	61'000	63'000	12'000	830	390	1'100
Costanza (mg / km ²)	3	45'000	54'000	31'000	16'000	3'200	25'000
Neuchatel (# / km ²)	3	61'000	62'000	24'000	290	0	500
Neuchatel (mg / km ²)	3	7'600	7'000	3'000	1'900	0	3'300
Maggiore (# / km ²)	4	220'000	220'000	150'000	6'500	5'300	6'300
Maggiore (mg / km ²)	4	69'000	77'000	48'000	170'000	140'000	160'000
Zurigo (# / km ²)	5	11'000	9'800	2'600	580	0	980
Zurigo (mg / km ²)	5	3'700	2'800	4'200	13'000	0	28'000
Brienz (# / km ²)	4	36'000	30'000	23'000	950	1'200	630
Brienz (mg / km ²)	4	4'500	4'100	3'400	28'000	26'000	27'000
Laghi CH media (# / km ²)	27	91'000	48'000	120'000	1'800	860	3'100
Laghi CH media (mg / km ²)	27	26'000	8'500	33'000	44'000	12'000	80'000
Ceresio (# / km²)	12	213'500	194'600	155'900	4'900	4'000	4'600
Ceresio (mg / km²)	12	59'400	32'300	74'400	199'200	66'100	400'600

Tabella 4: Media, mediana e deviazione standard dei risultati relativi al numero di plastiche e al loro peso complessivo per superficie della presente campagna e dello studio EPFL – riguardante prelievi del 2013 – dalla ref. 6. I dati del Ceresio sono stati arrotondati alle centinaia.

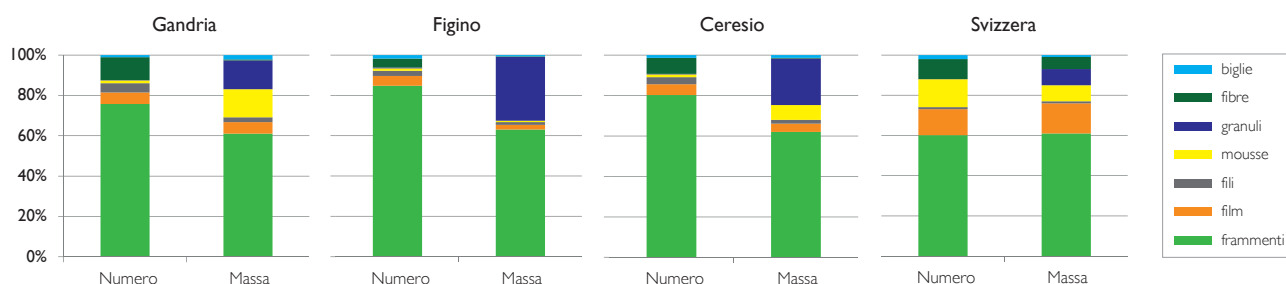
In numero (e proporzione) assoluto, i grandi quantitativi di frammenti potrebbero anche essere riconducibili ad una certa soggettività delle operazioni di separazione manuale e al fatto che, in caso di dubbio, le plastiche sono state assegnate a questa categoria. Casi dubbi possono includere biglie non sferiche, altri prodotti derivanti dall'industria della cosmetica non sempre facilmente identificabili o dei film più spessi o dotati di una colorazione particolare.⁶ Fatte salve queste variabili, le proporzioni delle diverse tipologie di plastiche qui descritte sono analoghe ai materiali mediamente ritrovati in altri grandi laghi svizzeri (vedi Figura 5) i cui risultati, singolarmente, sono a loro volta piuttosto variabili.⁶

Come per altri laghi, è possibile quindi concludere anche per il Ceresio che il maggior contributo all'inquinamento da (micro)plastiche galleggianti sia da attribuire alla frammentazione di oggetti in plastica più grandi, con un importante contributo dalla categoria dei film (riconducibili agli imballaggi) e delle fibre (con tutta probabilità di origine tessile). La notevole presenza di film di dimensioni > 5 mm è riconducibile a imballaggi con un basso livello di frammentazione e può essere attribuita verosimilmente alla frequentazione delle rive del lago o dei suoi affluenti da parte di locali e turisti, con relativi fenomeni di abbandono o gestione scorretta di rifiuti ("littering"). Le fibre possono venire invece prodotte dal lavaggio domestico o industriale di indumenti ed essere dilavate e trasportate attraverso il ciclo delle acque o per trasporto atmosferico.¹⁻¹⁰ Sono stati ritrovati quantitativi solo ridotti di biglie, aggiunte quali componenti all'interno di prodotti di consumo abrasivi (per esempio saponi, cosmetici). Questa osservazione è coerente con le stime indicate dal Consiglio federale, ovvero che solo lo 0.1% delle emissioni di microplastiche nell'ambiente sarebbero da attribuire a questo tipo di particelle (grazie a una rimozione significativa attraverso i moderni impianti di depurazione).¹⁴

La notevole galleggiabilità delle mousses, che possono provenire da materiali impiegati nell'edilizia o da imballaggi, favorisce nel tempo la loro propensione ad un accumulo su rive lacustri e spiagge implicando una quota-parte inferiore di questo tipo di contaminazione all'interno di campioni raccolti dalla superficie lacustre.⁶ Se in generale le mousses hanno una rilevanza maggiore per numero di frammenti piuttosto che in massa, fa eccezione un campione raccolto in data 08.05 (GI) il cui peso per la categoria delle grandi microplastiche ha determinato l'importanza delle mousses a livello di massa nelle microplastiche presso Gandria.

Infine, mentre la presenza dei fili è da attribuire, con tutta probabilità, alle attività di pesca, spiccano tra le microplastiche soppesate in massa i granuli, specialmente nelle acque del bacino Sud. Tali materiali di origine industriale sono verosimilmente da ricondurre a una gestione non impeccabile da parte di aziende attive nella produzione di materiali plastici, finiti o semilavorati.

Microplastiche (<5mm)



Macroplastiche (>5mm)

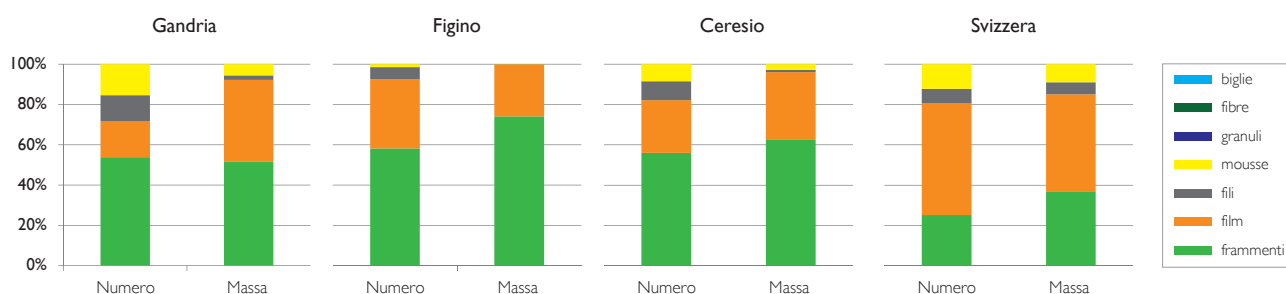


Figura 5: Frequenza di ritrovamento media delle tipologie di macro- e microplastiche (in %, per numero e massa) presso Gandria, Figino o, complessivamente, nel Ceresio. I risultati sono confrontati con quelli relativi alla media Svizzera dalla ref. 6.

4.3 Tipologia chimica

La tipologia chimica delle materie plastiche è stata verificata tramite spettroscopia infrarossa per 255 particelle: le macroplastiche e 149 grandi microplastiche selezionate arbitrariamente (32 % del campione di questa categoria). La Figura 6, che riassume i risultati complessivi, mostra come la maggior parte dei materiali sia composta da polietilene, che rappresenta il ~57 % del campione. In seguito, in ordine decrescente di importanza, si registrano il polipropilene (~25 %) e il polistirene (~11 %). Chiudono la casistica altri tipi di polimeri, categoria con materiali che - nonostante un segnale spettroscopico coerente con materiali sintetici - non hanno potuto essere assegnati a una tipologia univoca (~6 %) e il policloruro di vinile (0.4 %).

La possibilità di ritrovare una determinata tipologia di plastica sulla superficie di uno specchio d'acqua è evidentemente fortemente legata alla densità del materiale che determina in prima istanza la possibilità che lo stesso possa galleggiare. Verificando questo parametro per la tipologia di polimeri prodotti nell'Unione Europea (Tabella 5), si evince che i materiali teoricamente galleggianti rappresentano circa il 56% della domanda complessiva e includono PE (HD e LD), PP e PS (almeno in parte). Sulla base di questa riflessione e dei dati riportati nella Tabella 5 è possibile concludere che l'ordine di importanza dei polimeri da noi raccolti (Figura 6) riflette bene il dato di domanda e produzione, escludendo i materiali troppo pesanti come per esempio il PVC e il PET.¹⁵

Le osservazioni qualitative raccolte durante la verifica IR sono inoltre coerenti con il quadro complessivo discusso sin qui. La maggior parte dei frammenti e dei film è risultata corrispondere a PE o, in misura inferiore, a PP mentre solo pochi frammenti si sono rivelati appartenere alla tipologia del PS. Per contro, le mousses sono quasi sempre di polistirene. È stato ritrovato un solo elemento in PVC. Infine, è stato possibile confermare l'origine di due frammenti da mozziconi di sigaretta dalla tipologia di materiale del filtro, identificato come diacetato di cellulosa.

In conclusione, anche la tipologia chimica dei materiali plastici rispecchia le attese e i dati di produzione. Materiali più pesanti dell'acqua come il PVC o il PET generalmente non appaiono in un'analisi di superficie, ma piuttosto all'interno dei sedimenti lacustri o di campioni raccolti in prossimità delle rive.^{6,7} L'unico elemento in PVC è stato assegnato a un cavo dalla forma concava vuoto all'interno, caratteristica che può averne favorito il galleggiamento.

Nome e abbreviazione	Esempi d'impiego	Mercato %
PE HD (Polietilene ad alta densità)	Imballaggi, Tetra Pak, contenitori, oggetti diversi	12.3
PE LD (Polietilene a bassa densità)	Sacchetti, imballaggi leggeri, film	17.5
PP (Polipropilene)	Contenitori, componenti per automobili, oggetti vari	19.3
PS (Polistirene, Polistirene espanso)	Custodie, schiume Sagex / Styropor, confezioni	6.7
PET (Polietilene tereftalato)	Bottiglie e contenitori	7.4
PVC (Policloruro di vinile)	Tubi, materiali da costruzione diversi	10.0
Altri, ad esempio: PUR (Poliuretani) PC (Policarbonato) CA (Acetato di cellulosa) ABS (Acrilonitrile-butadiene-stirene) PTFE (Politetrafluoroetilene)	Materiali isolanti, materassi CD, DVD, lastre e pannelli Filtri di sigarette Oggetti diversi (leggeri e rigidi in particolare) Rivestimenti per cavi nelle telecomunicazioni	26.8

Tabella 5: Statistica europea relativa alla domanda di diversi tipi di polimeri nel 2016 (EU28 con Norvegia e Svizzera).¹⁵

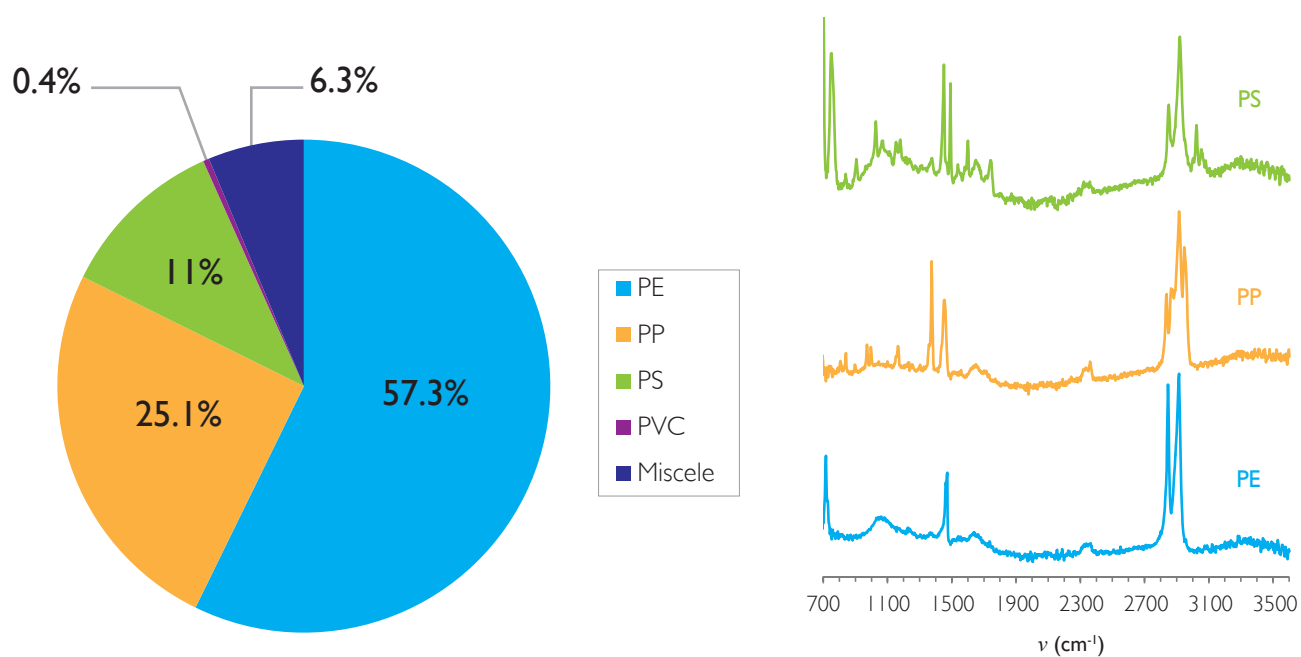


Figura 6: A sinistra: frequenza di ritrovamento della tipologia chimica di macro- e microplastiche (in %, sulla valutazione di macroplastiche e "grandi" microplastiche). A destra: spettri FTIR di tre frammenti in PE, PP e PS. Tra i segnali caratteristici sono ben riconoscibili le vibrazioni C-H st alifatiche e, per il PS, aromatiche.

5. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

Questo studio fornisce i primi risultati sulla presenza di microplastiche nelle acque del Ceresio, completando i primi dati per la Svizzera dell'EPFL e risalenti al 2014, in un contesto generale dove gli studi sull'inquinamento da microplastiche delle acque dolci sono ancora molto scarsi. Complessivamente, sono state raccolte, separate, catalogate e studiate in totale 106 macroplastiche (dimensione > 5 mm) e 4751 microplastiche (dimensione < 5 mm), provenienti dalle zone del lago presso Gandria (bacino Nord) e Figino (bacino Sud).

Le microplastiche sono state ritrovate in tutti i 12 campioni considerati, mentre le macroplastiche in 10 su 12 campioni. Come già osservato in altri studi, le concentrazioni sono molto variabili, ma complessivamente simili nei due principali bacini del lago. Mediamente, con ~ 0.2 particelle di microplastiche al m^2 , i livelli d'inquinamento sono di poco inferiori a quelli rinvenuti dall'EPFL nel lago Maggiore e nel Lemano e circa doppi rispetto alla media svizzera. Pertanto la presenza di plastiche e microplastiche nel Ceresio, come in altri laghi svizzeri ed esteri, può essere considerata ubiquitaria.

La tipologia fisica e chimica delle plastiche sullo specchio d'acqua del Ceresio rispecchia le attese. Sono predominanti i frammenti, prodotti dalla degradazione di oggetti più grandi, con un importante contributo dalla categoria dei film, impiegati tipicamente negli imballaggi. La natura chimica dei polimeri, escludendo i materiali troppo pesanti per galleggiare e che pertanto non sono stati ritrovati in questo studio oppure quelli di dimensioni < 0.3 mm, rispecchia il dato di domanda e produzione. Prevalgono nell'ordine PE (Polietilene) $>$ PP (Polipropilene) $>$ PS (Polistirene).

Nell'ottica di completare la caratterizzazione relativa alle microplastiche nell'ecosistema del lago di Lugano sarebbe utile valutare campioni di sedimenti del lago o delle rive lacustri. Recenti indagini sul Lemano suggeriscono che i polimeri da questi comparti sono spesso molto più datati rispetto a quelli provenienti dalle acque superficiali, con un'accresciuta rilevanza ecotossicologica in ragione della possibile presenza di additivi oggi proibiti (es. metalli pesanti, ritardanti di fiamma bromurati ecc.).¹⁶ Andrebbero studiate inoltre le particelle più piccole di 0.3 mm, che sono verosimilmente presenti in numeri ancora più importanti, con il contributo di fonti anche diverse da quelle discusse qui (es. abrasione degli pneumatici).¹⁷

Secondo l'Ufficio federale dell'ambiente il rischio ambientale derivante dalla presenza di microplastiche nelle acque ai livelli qui descritti può essere considerato basso e subordinato ad alti tipi di inquinanti, come i microinquinanti organici (per esempio residui di farmaci, pesticidi o sostanze endocrine).

Sulla base delle conoscenze attuali, infatti, non si riscontrano a oggi pericoli per gli organismi acquatici in relazione alla presenza di microplastiche, anche se sono necessari ulteriori approfondimenti. La presenza di microplastiche nelle acque non può essere in ogni caso ignorata. Secondo il necessario principio di precauzione è necessario valutare l'implementazione di misure più efficaci per ridurre l'emissione, tenendo conto dei costi di possibili misure in rapporto ai benefici.

Nel nostro Paese sono utilizzate ogni anno circa un milione di tonnellate di materiali plastici, pari a circa 100 kg pro capite. Una parte minoritaria di tali materiali trova provvisoriamente impiego come prodotto durevole (p. es. telai dei finestrini in plastica), mentre la quota più consistente è trattata come rifiuto: in parte riciclato e in parte combusto per produrre energia in impianti di termovalorizzazione dei rifiuti urbani o in cementifici. Le materie plastiche sono quindi per la stragrande maggioranza valorizzate in modo ecocompatibile dal punto di vista materiale o energetico. Queste modalità sono pianificate secondo i principi per una gestione ecosostenibile delle materie plastiche, con criteri che vengono rivisti e aggiornati periodicamente e che sfociano in raccomandazioni pratiche all'indirizzo di tutti gli attori interessati.¹⁸ Purtroppo una piccola parte dei rifiuti plastici sfugge da questa filiera teoricamente quasi chiusa, vuoi per comportamenti sbagliati vuoi per perdite durante il trasporto o lo stoccaggio, per i fenomeni di usura o altro. A questi meccanismi vanno aggiunte le microplastiche primarie deliberatamente impiegate in prodotti che vengono dilavati nelle canalizzazioni delle acque reflue e che, anche se in misura minore, possono venire disperse nell'ambiente attraverso gli impianti di depurazione delle acque reflue o la rete delle canalizzazioni (per esempio: scaricatori di piena).

Va ricordato come, nel confronto internazionale, il sistema svizzero di raccolta e gestione ecosostenibile delle plastiche sia all'avanguardia. Dal 2000 i materiali plastici, così come altri rifiuti combustibili, non vengono più conferiti nelle discariche. Esse fungono infatti nel tempo, e soprattutto nel caso di una gestione poco appropriata, da punto di rilascio di (micro)plastiche nell'ambiente.^{15,18} Anche il divieto generalizzato di impiego dei fanghi di depurazione in agricoltura, vigente dal 2006, contribuisce a recuperare e successivamente eliminare delle plastiche smaltite in maniera scorretta. Misure simili non sono ancora implementate in numerosi altri Paesi, anche europei.

Solo dopo ulteriori approfondimenti sarà possibile valutare l'efficacia di misure tecniche ipotizzabili lungo la filiera dello smaltimento o già previste – si pensi qui in particolare all'ammodernamento dei principali impianti di depurazione delle acque con una fase di trattamento mirata all'abbattimento dei microinquinanti organici.¹⁹ Va ad ogni modo ricordato come purtroppo, a livello mondiale i quantitativi della produzione di plastiche siano ancora in costante crescita.²⁰ Questa tendenza segue l'aumento globale del prodotto interno lordo e la crescente sostituzione di prodotti e oggetti originariamente realizzati in altri materiali più costosi.

Pertanto un'efficace misura di miglioramento alla fonte sarebbe quella di promuovere la sostituzione di oggetti in plastica non indispensabili – in particolare quelli “usa e getta” – e per i quali esistono valide alternative.

Mentre sia a livello tecnico che politico provvedimenti di questo tipo sono in discussione,^{21,22} è possibile considerare a tutti i livelli alcune misure preventive generali e di facile attuazione che possono di riflesso influenzare anche le libere scelte dei produttori di beni di consumo e la relativa offerta sul mercato di alternative:

- Evitare nel limite del possibile prodotti con imballaggi monouso in plastica.
- Evitare, laddove esistono alternative, prodotti “usa e getta” con plastica (per esempio piatti, bicchieri o posate, bastoncini per la pulizia delle orecchie o per mischiare le bevande, contenitori e sacchetti).
- Evitare l'uso di saponi, cosmetici e prodotti abrasivi con plastiche primarie (es. polietilene o polipropilene elencati nella lista degli ingredienti).
- Fare in modo di chiudere il ciclo dei rifiuti evitando in ogni caso il “littering” e prevenendo la dispersione nell'ambiente di rifiuti (per esempio: deposito intermedio di rifiuti coperto e protetto dagli agenti atmosferici).
- Mai gettare rifiuti, direttamente o indirettamente, attraverso tombini, lavandini o il gabinetto, nelle reti delle canalizzazioni per l'evacuazione o lo smaltimento delle acque.

6. RINGRAZIAMENTI

Il presente studio è stato possibile grazie alla disponibilità e alla collaborazione del prof. Luiz Felipe De Alencastro dell'EPFL, che ha messo a disposizione la rete manta impiegata per la raccolta dei campioni, e del dr. Fabio Lepori della SUPSI, con l'impiego del natante in dotazione alla scuola universitaria professionale. Si ringrazia in particolare la signora Emera Forni, BSc in scienze ambientali e attualmente studentessa presso l'ETH di Zurigo, per l'esecuzione delle analisi durante il suo stage presso l'Amministrazione cantonale. La redazione del rapporto è a cura di Nicola Solcà della SPAAS.

7.

● REFERENZE

- 1) Dris R., Imhof H., Sanchez W., Gasperi J., Galgani F., Tassin B. e Laforsch, C. (2015). Beyond the ocean: contamination of freshwater ecosystems with (micro-)plastic particles. *Environmental Chemistry*, 12(5), 539-550.
- 2) Boucher J. e Friot D. (2017). *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*. Gland, Switzerland: IUCN. 43.
- 3) Faure F., Saini C., Potter G., Galgani F., de Alencastro, F.L. e Hagmann, P. (2015). An evaluation of surface micro- and mesoplastic pollution in pelagic ecosystems of the Western Mediterranean Sea. *Environ Sci Pollut Res*, 22, 12190-12197.
- 4) Eerkes-Medrano D., Thompson R. C. e Aldridge D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, 63-82.
- 5) Schäfer A. (2015). Les microplastiques dans l'environnement – Fiche d'information. Centro Ecotox Eawag. Scheda disponibile al sito: www.centreecotox.ch.
- 6) Faure F. e de Alencastro F.L. (2014). Évaluation de la pollution par les plastiques dans les eaux de surface en Suisse. Rapporto EPFL su mandato dell'UFAM, Divisione acque.
- 7) Faure F., Demars C., Wieser O., Kunz M. e de Alencastro F.L. (2015). Plastic pollution in Swiss surface waters: nature and concentrations, interaction with pollutants. *Environmental Chemistry*, 12, 5, 582-591.
- 8) Lepori F., Pozzoni M e Bruder A. (2017). Istituto scienze della Terra (IST-SUPSI) "Ricerche sull'evoluzione del Lago di Lugano. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2016-2019. Campagna 2016. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 1-82. Rapporto disponibile alla pagina: www.cipais.org.
- 9) Tagg A. S., Sapp M., Harrison J. P. e Ojeda J. J. (2015). Identification and Quantification of Microplastics in Wastewater Using Focal Plane Array-Based Reflectance Micro-FT-IR Imaging. *Analytical Chemistry*, 87 (12), 6032–6040.

- 10) Mani T., Hauk A., Walter U. e Burkhardt-Holm P. (2015). Microplastics profile along the Rhine River. *Nature Scientific Reports*, 5, 17988.
- 11) Scheurer M. e Bigalke M. (2018). Microplastics in Swiss floodplain soils. *Environmental Science and Technology*. 52 (6).
- 12) Solcà N., Pessina A., Ranieri G. e Simona, M. (2015). Lago di Lugano: indagine sulle sostanze pericolose - Microinquinanti nelle acque del lago. Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere. Rapporto disponibile alla pagina: www.cipais.org.
- 13) Legambiente & Enea. (2017). Microplastiche nelle acque interne italiane: le indagini della Goletta dei Laghi di Legambiente ed Enea. Rapporto disponibile al sito: www.legambiente.it.
- 14) Consiglio federale (2016). Risposta del CF alla Mozione No. 16.3586 dal titolo “Vietare le microplastiche per proteggere le nostre acque, i mari e la nostra salute”, depositata da B. Glättli al Consiglio nazionale il 17.06.2016. Testi disponibili al sito: www.parlament.ch.
- 15) Plastic Europe – Association of Plastics Manufacturers. (2018). Plastics – the Facts 2017: an analysis of European plastics production, demand and waste data. Rapporto disponibile al sito: www.plasticseurope.org.
- 16) Filella M. e Turner A. (2018). Observational study unveils the extensive presence of hazardous elements in beached plastics from lake Geneva. *Frontiers in environmental science*, 6, 1-8.
- 17) Grigoratos T. e Martini G. (2014). Non – exhaust traffic related emissions. Brake and tyre wear PM. Literature review. JRC Science and Policy Reports, Commissione Europea.
- 18) Swiss recycling rivista. (2018). Speciale materie plastiche, 12, 1-16.
- 19) Ufficio della protezione delle acque e dell'approvvigionamento idrico. (2017). Scheda informativa “Impianti di depurazione (IDA), Pianificazione e progettazione, strategia microinquinanti”. Documentazione disponibile alla pagina: www.ti.ch/acqua.
- 20) Limbach M. (2018). *Nachrichten aus der Chemie*, 66, 334-335.
- 21) Commissione europea (2018). Scheda informativa “A european strategy for plastics in a circular economy” e “Proposal for a Directive of the european parliament and of the council on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment”. Documentazione disponibile alla pagina: <http://europa.eu>.
- 22) UNEP frontiers 2016 report. (2016). Emerging issues of environmental concern; UN Environment Programme.

Allegato: Tabella con i dati complessivi raccolti per i 12 campioni considerati nello studio.

Data prelievo	Categoria	Parametro	Frammenti	Film	Fili	Mousse	Granuli	Fibre	Biglie	Altro	Totale
Data: 28.03 Codice: G1 Percorso (m): 3230 Superficie (m²): 1938	>5 mm	Numero (#)	2	1	-	-	-	-	-	-	3
		Massa (g)	0.004	0.002	-	-	-	-	-	-	0.006
	1-5 mm	Numero (#)	32	6	6	1	-	-	-	2	45
		Massa (g)	0.0135	0.0055	0.0005	0.001	-	-	-	-	0.0205
	0.3-1 mm	Numero (#)	613	43	27	1	-	115	8	-	807
		Massa (g)	0.021	0.001	0.003	0.0001	-	0.0008	0.0025	-	0.0284
Data: 08.05 Codice: G1 Percorso (m): 3400 Superficie (m²): 2040	>5 mm	Numero (#)	6	3	-	4	-	-	-	1	13
		Massa (g)	0.03	0.17	-	0.013	-	-	-	-	0.213
	1-5 mm	Numero (#)	33	-	-	16	-	-	-	-	49
		Massa (g)	0.028	-	-	0.048	-	-	-	-	0.076
	0.3-1 mm	Numero (#)	294	14	26	1	-	19	8	-	362
		Massa (g)	0.01	0.0009	0.001	0.0001	-	0.0001	0.005	-	0.0171
Data: 28.03 Codice: G2 Percorso (m): 3470 Superficie (m²): 2082	>5 mm	Numero (#)	7	-	2	1	-	-	-	-	10
		Massa (g)	0.16	-	0.01	0.0045	-	-	-	-	0.1745
	1-5 mm	Numero (#)	36	12	8	-	1	-	-	-	57
		Massa (g)	0.016	0.008	0.0015	-	0.01	-	-	-	0.0355
	0.3-1 mm	Numero (#)	287	15	12	2	-	72	4	-	392
		Massa (g)	0.0347	0.0002	0.0009	0.0001	-	0.0002	0.0003	-	0.0364
Data: 08.05 Codice: G2 Percorso (m): 2970 Superficie (m²): 1782	>5 mm	Numero (#)	-	-	-	1	-	-	-	-	1
		Massa (g)	-	-	-	0.01	-	-	-	-	0.01
	1-5 mm	Numero (#)	6	-	1	-	-	-	-	-	7
		Massa (g)	0.003	-	0.0001	-	-	-	-	-	0.0031
	0.3-1 mm	Numero (#)	32	8	2	4	-	5	2	-	53
		Massa (g)	0.0033	0.0001	0.0001	0.0001	-	0.0001	0.0001	-	0.0038
Data: 28.03 Codice: G3 Percorso (m): 3060 Superficie (m²): 1836	>5 mm	Numero (#)	6	3	3	-	-	-	-	-	12
		Massa (g)	0.06	0.029	0.001	-	-	-	-	-	0.09
	1-5 mm	Numero (#)	55	12	6	4	2	-	-	-	79
		Massa (g)	0.058	0.006	0.001	0.003	0.044	-	-	-	0.112
	0.3-1 mm	Numero (#)	451	30	22	6	-	64	4	-	577
		Massa (g)	0.0417	0.0001	0.001	0.0002	-	0.0006	0.0004	-	0.044
Data: 08.05 Codice: G1 Percorso (m): 2930 Superficie (m²): 1758	>5 mm	Numero (#)	-	-	-	-	-	-	-	-	0
		Massa (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	1-5 mm	Numero (#)	4	-	1	-	-	1	-	-	6
		Massa (g)	0.002	-	0.0001	-	-	-	-	-	0.0021
	0.3-1 mm	Numero (#)	28	7	1	3	-	6	2	-	47
		Massa (g)	0.0029	0.0001	0.0001	0.0001	-	0.0001	0.0001	-	0.0034

Data prelievo	Categoria	Parametro	Frammenti	Film	Fili	Mousse	Granuli	Fibre	Biglie	Altro	Totale
Data: 28.03 Codice: F1 Percorso (m): 3170 Superficie (m²): 1902	>5 mm	Numero (#)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Massa (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1-5 mm	Numero (#)	7	2	1	5	-	-	-	-	15
		Massa (g)	0.002	0.0001	0.001	0.0002	-	-	-	-	0.0033
	0.3-1 mm	Numero (#)	94	14	2	-	-	28	11	-	149
Data: 09.05 Codice: F1 Percorso (m): 2290 Superficie (m²): 1374		Massa (g)	0.0039	0.0001	-	-	-	0.0001	0.0001	-	0.0042
	>5 mm	Numero (#)	10	-	1	1	-	-	-	-	12
		Massa (g)	0.113	-	0.0002	0.001	-	-	-	-	0.1142
	1-5 mm	Numero (#)	44	2	-	-	2	-	-	1	48
		Massa (g)	0.068	0.0005	-	-	0.036	-	-	-	0.1045
Data: 28.03 Codice: F2 Percorso (m): 3350 Superficie (m²): 2010	0.3-1 mm	Numero (#)	188	4	6	3	-	4	5	-	210
		Massa (g)	0.01	0.0001	0.0025	0.0005	-	0.0001	0.002	-	0.0152
	>5 mm	Numero (#)	1	1	1	-	-	-	-	-	3
		Massa (g)	0.026	0.001	0.0001	-	-	-	-	-	0.0271
	1-5 mm	Numero (#)	14	1	-	-	-	-	-	-	15
Data: 09.05 Codice: F2 Percorso (m): 2950 Superficie (m²): 1770		Massa (g)	0.006	0.0001	-	-	-	-	-	-	0.0061
	0.3-1 mm	Numero (#)	103	3	2	2	-	17	2	-	129
		Massa (g)	0.0055	0.0001	0.0001	0.0001	-	0.0001	0.0001	-	0.006
	>5 mm	Numero (#)	15	6	2	-	-	-	-	1	23
		Massa (g)	0.1185	0.062	0.002	-	-	-	-	-	0.1825
Data: 28.03 Codice: F3 Percorso (m): 3060 Superficie (m²): 1836	1-5 mm	Numero (#)	25	3	1	1	6	-	-	-	36
		Massa (g)	0.031	0.002	0.0002	0.002	0.103	-	-	-	0.1382
	0.3-1 mm	Numero (#)	593	8	20	5	-	7	9	-	642
		Massa (g)	0.091	0.0001	0.002	0.0001	-	0.0008	0.0001	-	0.0941
	>5 mm	Numero (#)	8	15	-	-	-	-	-	-	23
Data: 09.05 Codice: F3 Percorso (m): 3170 Superficie (m²): 1902		Massa (g)	0.097	0.961	-	-	-	-	-	-	1.058
	1-5 mm	Numero (#)	56	37	2	-	-	-	-	-	95
		Massa (g)	0.032	0.008	0.0005	-	-	-	-	-	0.0405
	0.3-1 mm	Numero (#)	626	21	22	5	-	38	8	1	720
		Massa (g)	0.0398	0.0003	0.001	0.0002	-	0.0001	0.0006	-	0.042
Data: 09.05 Codice: F3 Percorso (m): 3170 Superficie (m²): 1902	>5 mm	Numero (#)	5	1	-	-	-	-	-	-	6
		Massa (g)	2.598	0.004	-	-	-	-	-	-	2.602
	1-5 mm	Numero (#)	12	6	-	1	1	-	-	-	20
		Massa (g)	0.025	0.0001	-	0.0001	0.023	-	-	-	0.0482
	0.3-1 mm	Numero (#)	163	9	2	6	-	7	4	-	191
		Massa (g)	0.0083	0.0001	0.0001	0.0002	-	0.0001	0.0002	-	0.009

Per ulteriori informazioni

Dipartimento del territorio
Sezione della protezione dell'aria dell'acqua e del suolo
Ufficio della gestione dei rischi ambientali e del suolo
Ufficio del monitoraggio ambientale
Via Franco Zorzi 13, 6501 Bellinzona
tel. +41 91 814 29 71
fax +41 91 814 29 79
e-mail dt-spaas@ti.ch
<https://www4.ti.ch/dt/da/spaas/sezione/>

© Dipartimento del territorio, 2018
www.ti.ch