

MICROPLASTICHE NELLE ACQUE POTABILI



Lorenzo Martellone¹, Daniela Mattei¹, Luca Lucentini¹ e Gabriele Favero²

¹Dipartimento di Ambiente e Salute, ISS

²Dipartimento di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma

RIASSUNTO - Le microplastiche, polimeri sintetici e semisintetici di grandezza compresa tra 1 μm e 5 mm, sono contaminanti ormai ampiamente diffusi in tutti gli ambienti, in particolare in quelli acquatici. La crescente produzione, il relativo basso costo e la resistenza alla degradazione hanno determinato il costante accumulo di residui di plastica sul pianeta, attualmente uno tra i più gravi problemi ambientali, con un potenziale rischio per la salute umana. Negli ultimi anni, diversi gruppi di ricerca hanno indagato la possibile diffusione di microplastiche in acque di rubinetto e i possibili danni a carico della salute umana. Le microplastiche sono state anche inserite nell'elenco di controllo della nuova Direttiva Europea 2020/2184 per le acque destinate al consumo umano.

Parole chiave: microplastiche; acqua potabile; contaminanti emergenti

SUMMARY (*Microplastics in drinking water*) - Microplastics, synthetic and semisynthetic polymers ranging in size from 1 μm to 5 mm, are now widespread contaminants in all environments, especially aquatic ones. Increasing production, relative low cost and resistance to degradation resulted in the growing accumulation of plastic residues on the planet, currently one of the most serious environmental problems with a potential risk to human health. In recent years, several research groups investigated the possible spread of microplastics in tap water and the consequent damage to human health. Microplastics have also been included in the control list of the new European Directive 2020/2184 for water intended for human consumption.

Key words: microplastics; drinking water; emerging pollutants

luca.lucentini@iss.it

La plastica è considerata uno dei materiali più versatili in diversi settori, in virtù del suo basso costo e della sua alta resistenza alla degradazione. Per questo motivo, la produzione di materie plastiche ha presentato una diffusione capillare e massiva a partire dalla seconda metà del XX secolo, con un incremento esponenziale nella domanda e nell'offerta, tale da essere al momento superata solo dalla produzione di cemento e di acciaio. Tale aumento ha causato l'insorgenza di problematiche relative allo smaltimento. Proprio la loro resistenza e la tendenza a un utilizzo monouso comportano la produzione, ogni anno, di una crescente quantità di rifiuti, che viene solo in parte riciclata o incenerita.

Gran parte della plastica, infatti, dopo il suo utilizzo, viene riversata e accumulata nell'ambiente in cui permane per un lungo periodo, contribuendo quindi all'insorgenza di uno dei più importanti problemi ecologici dei nostri tempi. Basti pensare all'isola di plastica del Pacifico (Great Pacific Garbage Patch), un'immensa area estesa più di 1,6 Km² costituita da rifiuti plastici galleggianti (1). Per contenere la contaminazione, l'Unione Europea (UE) ha emanato la Direttiva (UE) 2019/904 (Direttiva SUP) (2) recepita, in Italia, con il DLvo n. 205 dell'8 novembre 2021 (3), in cui viene messa al bando la plastica monouso (ad esempio, cotton fioc, contenitori per alimenti o piatti in plastica). A seconda ►

delle dimensioni, i rifiuti plastici possono essere distinti in: macroplastiche (> 25 mm), mesoplastiche (< 25 mm), microplastiche (< 5 mm) e nanoplastiche (< 1 µm) (Figura 1). Negli ultimi anni, l'attenzione della ricerca, nell'ambito della protezione ambientale, si è rivolta soprattutto alle micro e nanoplastiche che per la loro estesa diffusione e per i danni diretti e indiretti potrebbero causare agli organismi viventi (uomo compreso), attraverso il contatto diretto, l'esposizione atmosferica e l'ingestione di cibo contaminato, in virtù delle loro limitate dimensioni.

Le microplastiche e il problema della definizione

In considerazione della complessità e dell'eterogeneità delle plastiche prodotte direttamente o indirettamente dall'uomo (4, 5), le microplastiche rappresentano contaminanti con peculiari prerogative. Sono, infatti, costituite da polimeri di diverse dimensioni, tipologie, forme e colori e convenzionalmente definite come particelle polimeriche solide, resistenti alla biodegradazione e di grandezza compresa tra 1 µm e 5 mm. Le microplastiche includono particelle costituite da polimeri sintetici (come il polipropilene, il polietilene e il polivinilcloruro) o semisintetici (come il rayon e il cellophane); in questa lista sono inclusi anche i derivati del *tyre wear*, ovvero le particelle (costituite

almeno per il 40% da una combinazione di gomme sintetiche e naturali) prodotte dalla degradazione degli pneumatici che si verifica a livello del manto stradale. Le microplastiche si presentano poi sotto diverse forme. Quella più diffusa è sicuramente quella sferoidale, che comprende, ad esempio, le *microbeads*, utilizzate fino a poco tempo fa come abrasivi in prodotti cosmetici ad azione esfoliante o detergente, ma bandite in Italia a partire dal 1° gennaio 2020 (6). Le microplastiche comprendono comunque anche particelle di forma irregolare, film sottili e fibre sintetiche di varia natura come quelle utilizzate per gli indumenti (ad esempio, nylon, fibre acriliche); queste ultime, in particolare, sono le più difficili da isolare e quantificare. A seconda della loro origine, le microplastiche possono poi essere distinte in primarie e secondarie. Le microplastiche primarie vengono spesso definite come quelle intenzionalmente prodotte nel range dimensionale e funzionale alla loro destinazione d'uso. Rientrano in questo gruppo le *microbeads* precedentemente descritte. Le microplastiche secondarie, invece, le più numerose, rappresentano il prodotto della frammentazione a opera di microrganismi o di agenti chimico-fisici, di oggetti in plastica più grandi, come quelli dispersi in mare. Questa definizione estensiva di microplastica ha evidenziato la necessità di trovare metodi analitici affidabili per ogni tipologia di plastica effettivamente rilevata. Si tratta di



Figura 1 - Rappresentazione dei criteri dimensionali per la classificazione dei rifiuti di plastica

una sfida particolarmente difficile in considerazione del vasto range dimensionale proposto (peraltro non condiviso unilateralmente da tutta la comunità scientifica), che rende il comportamento chimico-fisico delle particelle più grandi molto diverso da quello delle particelle più piccole.

Diffusione negli ambienti acquatici

L'estrema eterogeneità delle microplastiche, unita alle lunghe tempistiche di degradazione, ha contribuito alla loro ampia diffusione nell'ambiente. Le vie attraverso le quali le microplastiche si diffondono nell'ambiente sono molteplici, alcune delle quali ancora poco comprese. Le acque interne rappresentano sicuramente uno dei mezzi ideali per la loro diffusione, poiché riescono a raccogliere e a trasportare contaminanti da numerose fonti ambientali, anche per lunghe distanze (Figura 2). Da qui, le microplastiche possono raggiungere gli ambienti marini (spesso i recettori finali dell'inquinamento da plastica), frammentarsi in particelle più piccole (anche nanoplastiche, che richiedono tecniche analitiche e valutazioni tossicologiche differenti per essere rilevate) oppure raggiungere gli impianti di potabilizzazione. In questo ambito, oggi appare più chiaro il ruolo che hanno alcune fonti

ambientali di microplastiche nella contaminazione delle acque interne (7). Nella prima categoria, quella delle fonti di origine terrestre, rientrano le vernici utilizzate per la segnaletica stradale, il *tyre wear* e la cosiddetta *city dust*, ovvero il risultato dell'abrasione di diversi oggetti in plastica comuni nelle zone urbane, come le suole delle scarpe e i tappeti erbosi sintetici. Al secondo gruppo, quello delle fonti di origine idrica, appartengono principalmente le acque di scarico civili e industriali e quelle di dilavamento urbano o agricolo. Le acque reflue raccolgono infatti diversi tipi di microplastiche utilizzate in ambito domestico (fibre sintetiche tessili perse durante i lavaggi, prodotti di usura di materiali plastici, guarnizioni, vernici e *microbeads*) e industriale (paste cementanti, fluidi di perforazione, prodotti per la rimozione di ruggine e vernici). Un importante contributo alla contaminazione è anche quello dato dai sistemi fognari misti in presenza di precipitazioni atmosferiche intense. Quando, infatti, i volumi di acqua superano la capacità di carico dell'impianto, per motivi di sicurezza, l'acqua by-passa l'impianto attraverso scolmatori di piena, sversandosi direttamente nel corpo idrico recettore e contribuendo a una contaminazione massiva di quest'ultimo. Le stesse tubazioni, sottoposte a usura, potrebbero contribuire ad aumentare le quantità ►

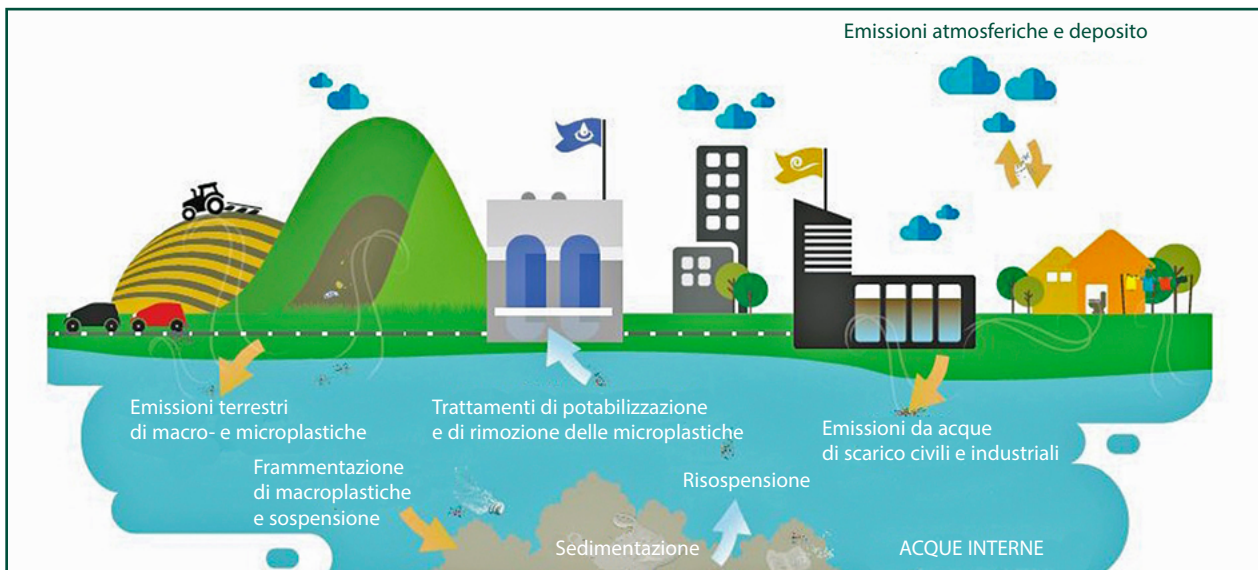


Figura 2 - Rappresentazione delle vie di contaminazione delle acque interne e delle modalità di accesso alle acque potabili.

Fonte: Marsden P, Koelmans B, Bourdon-Lacombe J, Gouin T, D'Anglada L, Cunliffe D, Jarvis P, Fawell J, De France J. *Microplastic in drinking water*. Geneva: World Health Organization; 2019. Traduzione in italiano e modifica della figura "Examples of routes by which plastics and microplastics enter and move in the freshwater environment and how microplastics may reach drinking-water"

di microplastiche riversate negli ambienti acquatici. Infine, anche la deposizione atmosferica potrebbe avere un ruolo significativo nella contaminazione delle acque interne. Sebbene siano disponibili pochi dati al riguardo e i meccanismi di trasporto delle microplastiche nell'atmosfera siano ancora poco compresi, alcuni studi presenti in letteratura hanno confermato la tendenza delle particelle più piccole a spostarsi per effetto del vento. Questo fenomeno non riguarda esclusivamente le acque interne, ma è verosimilmente legato a tutte le microplastiche diffuse nell'ambiente, dal mare fino ai sedimenti. Ciò spiegherebbe il ritrovamento di microplastiche anche in luoghi dove l'attività umana è ridotta o assente. L'estesa contaminazione delle acque interne da cui, nella maggior parte dei casi, le acque di rubinetto derivano, da qualche anno, ha focalizzato l'attenzione dei ricercatori su questo tipo di matrici, ma al momento i dati sono ancora pochi ed è difficile trarre delle conclusioni allo stato attuale. Tuttavia, per le acque di rubinetto, in alcuni studi preliminari (8, 9), i trattamenti di potabilizzazione hanno mostrato di essere particolarmente efficaci nella rimozione delle microplastiche, specie quelle più grandi, contribuendo in maniera significativa alla loro rimozione dalle acque non trattate. Per quanto riguarda l'acqua minerale in bottiglia, sono disponibili dati ancora più limitati in letteratura (10, 11) la cui interpretazione è peraltro diversamente valutata. In alcune ricerche, è stato riportato che la contaminazione da microplastiche per l'acqua in bottiglia possa presumibilmente avvenire a causa del packaging (soprattutto se le confezioni non sono conservate secondo le condizioni riportate in etichetta) e per i tappi in plastica, al momento dell'apertura.

Effetti sulla salute

L'estesa diffusione dei rifiuti plastici e delle microplastiche nell'ambiente ha portato, negli ultimi anni, la comunità scientifica a interrogarsi circa i possibili effetti dannosi sulla salute umana. A tale proposito, gli esperti dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) hanno redatto un documento (4), disponibile online, riguardante le evidenze relative alla presenza di microplastiche nelle acque potabili (comprese le sue fonti), la rimozione di queste



ultime dagli impianti di trattamento e i possibili impatti sulla salute umana. In questo documento viene ribadito come le microplastiche, tramite la contaminazione di acqua, aria o biota contaminati possano arrivare all'uomo e interagire in differenti modi con l'organismo. Al momento, l'OMS non reputa ancora che ci siano prove sufficienti per dimostrare che l'ingestione di microplastiche sia correlata a un problema per la nostra salute. Tuttavia, come affermato da alcuni autori, questa dichiarazione non dovrebbe essere in alcun modo decontestualizzata per portare all'errata conclusione circa la mancanza di effetti sulla salute delle microplastiche (12). L'OMS riconosce, in ogni caso, che esistono al momento incertezze significative sulla qualità e sull'ampiezza dei dati relativi all'esposizione umana alle microplastiche nell'acqua potabile e che le conoscenze attuali sugli effetti tossicologici richiedono l'acquisizione di prove scientifiche più solide. La difficoltà nello stimare una relazione causa-effetto per le microplastiche è dovuta, ancora una volta, alla loro estrema eterogeneità e agli innumerevoli modi con i quali potrebbero risultare dannose per l'uomo (4, 13). Sono state ipotizzate due principali modalità di interazione. La prima viene definita tossicità

diretta e rappresenta la possibilità che le microplastiche possano provocare un danno a causa delle loro proprietà come particelle. Questa forma di tossicità è legata alla forma e alle dimensioni particellari, che influenzano un loro possibile assorbimento. Infatti, esclusivamente le particelle più piccole di 150 µm sembrano poter essere assorbite dai tessuti dell'uomo e produrre effetti sistemici. Le particelle più grandi, invece, potrebbero esercitare effetti prevalentemente locali nel sistema respiratorio e gastrointestinale, che di fatto sono la loro via di ingresso nell'organismo. In questo senso, l'intestino viene considerato l'organo maggiormente soggetto all'azione tossica delle microplastiche di dimensioni maggiori, visto che particelle così grandi vi transitano senza essere assorbite. L'esposizione orale a microplastiche di grandi dimensioni è stata associata (anche in seguito ad alti livelli di assunzione), con una lieve irritazione e infiammazione intestinale. Per quanto riguarda le microplastiche più piccole (< 150 µm), queste hanno il potenziale per poter essere assorbite a livello dell'epitelio cellulare intestinale (0,1-10 µm) e distribuite nell'organismo; rimane tuttavia da chiarire il reale contributo che hanno questi meccanismi di assorbimento nella tossicità da microplastiche.



Il danno da microplastiche potrebbe non solo essere attribuibile alle particelle in quanto tali, ma anche a fenomeni di tossicità indiretta, ovvero alla possibilità che le microplastiche possano agire come vettori di altri prodotti tossici. Ciò è dovuto al fatto che la superficie delle microplastiche risulta particolarmente adatta all'assorbimento di contaminanti organici persistenti come idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenili (PCB) o pesticidi e a favorire la crescita di biofilm batterici, che potrebbero anche contribuire al fenomeno dell'antibiotico-resistenza. Inoltre, alle plastiche vengono solitamente addizionati additivi quali ftalati e coloranti (ad esempio, biossido di titanio - TiO₂, pigmenti del cadmio - Cd) per migliorare le loro proprietà come materiali plastici. Questi ultimi possono venir rilasciati nelle acque in seguito a degradazione delle plastiche e contaminarla. Il profilo tossicologico delle sostanze assorbibili, degli additivi e dei patogeni legati allo sviluppo di biofilm è maggiormente noto, ma al momento l'OMS suggerisce un basso rischio di tossicità da questi contaminanti legato alle microplastiche. Ulteriori studi sono comunque necessari per comprendere meglio l'entità di questi potenziali fenomeni di tossicità nei confronti dell'uomo, diretti o indiretti.

Aspetti legislativi e ruolo dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS)

Le microplastiche sono incluse nella nuova Direttiva europea (Direttiva 2020/2184) (14) sulle acque destinate al consumo umano come contaminanti emergenti. Nella Direttiva è stato introdotto una tipologia di approccio inedita, basata sulla stesura di un "elenco di controllo" di sostanze (di cui non sono stati definiti limiti o valori soglia) con lo scopo di approcciarsi al problema in maniera flessibile e dinamica. Allo stesso tempo, considerando la criticità di acquisizione di dati affidabili sulla contaminazione delle acque da microplastiche e quindi (per le variabili associate al campionamento e all'analisi) all'esposizione umana, la Direttiva subordina l'inclusione del parametro nella lista di controllo alla definizione di una metodologia per misurare le microplastiche che la Commissione Europea dovrà diramare entro il 12 gennaio 2024. È prevista la trasmissione di una relazione (e successivi eventuali aggiornamenti) da ►

parte della stessa Commissione al Parlamento e al Consiglio Europeo (entro il 12 gennaio 2029) riguardanti le potenziali minacce dovute alle microplastiche per le fonti di acque destinate al consumo umano, nonché sui relativi potenziali rischi per la salute. In Italia sono state avviate diverse attività di studio finalizzate sia allo sviluppo metodologico per la ricerca delle microplastiche nelle acque che ad alcune attività preliminari di monitoraggio, anche se l'affidabilità dei dati non consente al momento delle valutazioni di esposizione solide. In questo contesto, il Reparto Qualità dell'Acqua e Salute del Dipartimento di Ambiente e Salute dell'ISS, nell'ambito del proprio ruolo istituzionale di coordinamento dei metodi analitici per il controllo della qualità delle acque, sta approfondendo tali aspetti nell'ambito di un progetto di dottorato in collaborazione con l'Università Sapienza di Roma, il CNR-ISP di Venezia e l'Università degli Studi di Padova e, attraverso la cooperazione con Utilitalia, anche con diversi gestori idrici. Lo studio prevede la caratterizzazione di acque superficiali trattate e non trattate, con lo scopo di mettere a punto delle metodiche di campionamento, pretrattamento e analisi dei campioni anche per contribuire ai lavori europei di elaborazione delle metodiche su inquinanti emergenti. È da enfatizzare come il campo della ricerca delle microplastiche nelle risorse idriche e nelle acque a differenti destinazioni d'uso non possa prescindere da un approccio multidisciplinare e inter istituzionale di particolare estensione. Infatti, tenendo conto dell'eterogeneità e della complessità del parametro, il campo della ricerca delle microplastiche richiede in genere l'implementazione di diverse tecniche, anche combinate, per campionamento, identificazione e determinazione quali-quantitativa - e della necessità di strutturare programmi di monitoraggio articolati su molteplici variabili - tra cui origine e natura delle acque, sorgenti di contaminazione, stagionalità, eventi e cambiamenti climatici - come pure per le valutazioni correlate a fattori di rischio indiretti (ad esempio, biofilm o contaminanti chimici adesivi alle particelle). ■

Dichiarazione sui conflitti di interesse

Gli autori dichiarano che non esiste alcun potenziale conflitto di interesse o alcuna relazione di natura finanziaria o personale con persone o con organizzazioni, che possano influenzare in modo inappropriato lo svolgimento e i risultati di questo lavoro.

Riferimenti bibliografici

1. Lebreton L, Slat B, Ferrari F, et al. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Sci Rep* 2018;8(1):4666.
2. Europa. 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. *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea* L 155/1, 12 giugno 2019.
3. Italia. Decreto Legislativo 8 novembre 2021, n. 205. Attuazione della 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 (21G00210). *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 285, 30 novembre 2021 Suppl. Ordinario n. 41.
4. Marsden P, Koelmans B, Bourdon-Lacombe J, et al. *Microplastic in drinking water*. Geneva: World Health Organization; 2019.
5. Martellone L, Lucentini L, Mattei D, et al. *Strategie di campionamento di microplastiche negli ambienti acquatici e metodi di pretrattamento*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2021 (Rapporti ISTISAN 21/2).
6. Italia. Legge 27 dicembre 2017, n. 205. Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2018 e bilancio pluriennale per il triennio 2018-2020 (17G00222). *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 302, 29 dicembre 2017.
7. Koelmans B, Pahl S, Backhaus T, et al. Science Advice for Policy by European Academies (SAPEA). *A scientific perspective on microplastics in nature and society*. Berlin: SAPEA; 2019.
8. Novotna K, Cermakova L, Pivokonska L, et al. Microplastics in drinking water treatment - Current knowledge and research needs. *Sci Total Environ* 2019;667:730-40.
9. Wang Z, Lin T, Chen W. Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP). *Sci Total Environ* 2020;700(15):123520.
10. Welle F, Franz R. Microplastic in bottled natural mineral water - literature review and considerations on exposure and risk assessment. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2018;(12)2482-92.
11. Kankanige D, Babel S. Smaller-sized micro-plastics (MPs) contamination in single-use PET bottled water in Thailand. *Sci Total Environ* 2020;717:137232.
12. Gouin T, Cunliffe D, De France J, et al. Clarifying the absence of evidence regarding human health risks to microplastic particles in drinking-water: high quality robust data wanted. *Environ Int* 2021;150:106141.
13. Wright SL, Kelly O, Kelly FJ. Plastic and human health: a micro issue? *Environ Sci Technol* 2017;51(12):6634-47.
14. Europa. Direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2020 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano (rifiusione). *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea* L 435/1, 23 dicembre 2020.