

Inquadramento dell'inquinamento da microplastiche sotto il profilo sanitario

E. Brancaleone, V. Fuscoletti, D. Mattei,
L. Lucentini

Reparto qualità dell'acqua e salute -Dipartimento Ambiente e Salute
Istituto Superiore di Sanità
Viale Regina Elena 299-00161 Roma

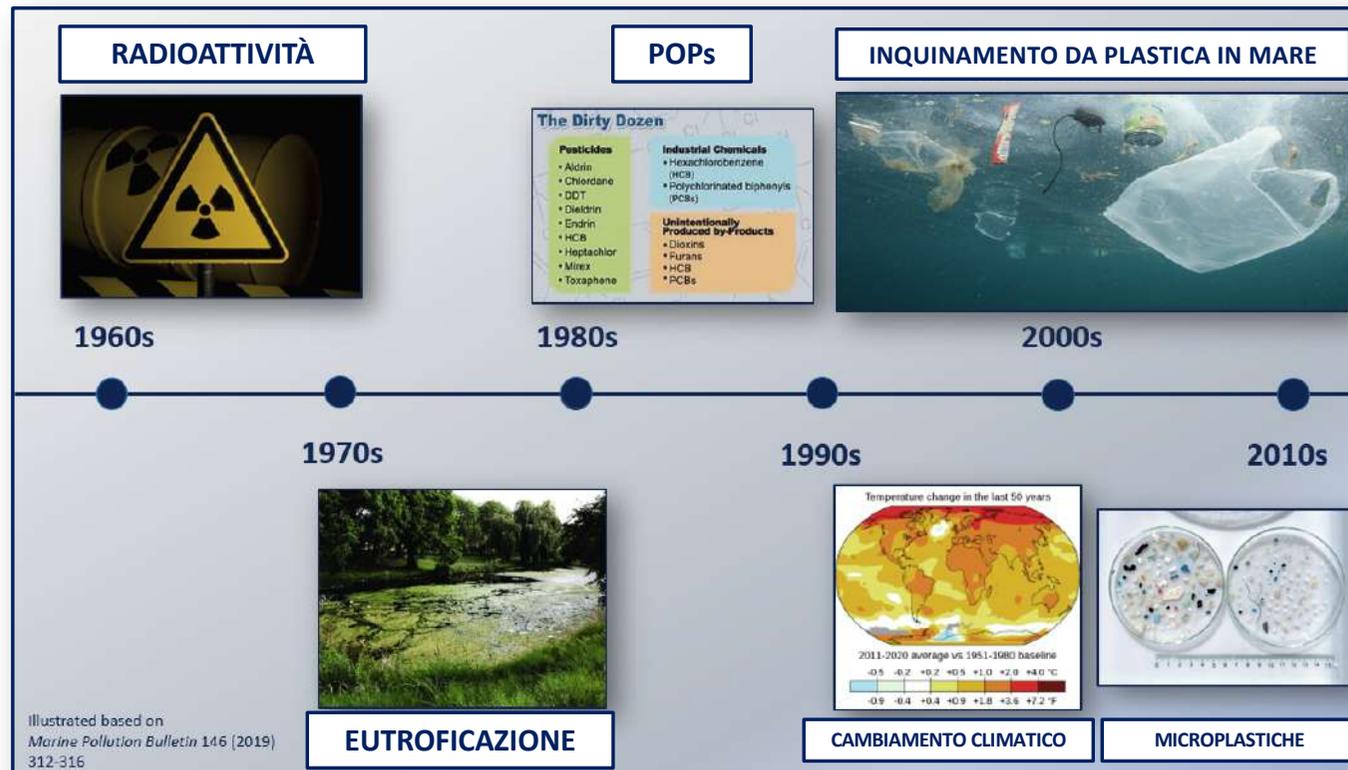
*Inquinamento da microplastiche nelle acque: stato attuale e strategie future
Roma, 10 Maggio 2023*



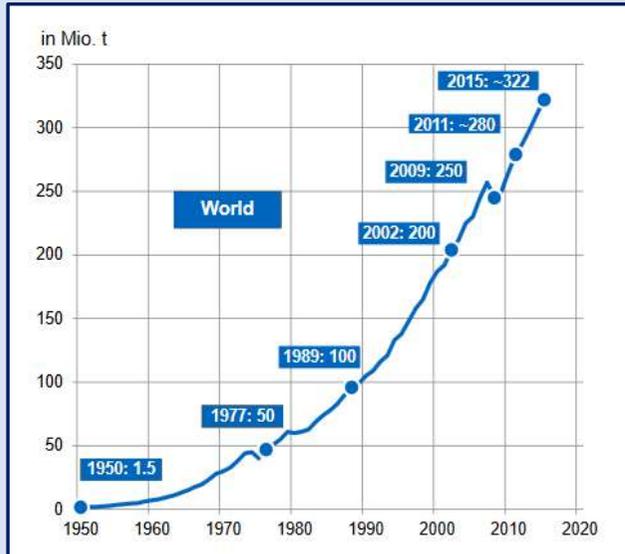
www.iss.it/ambiente-e-salute



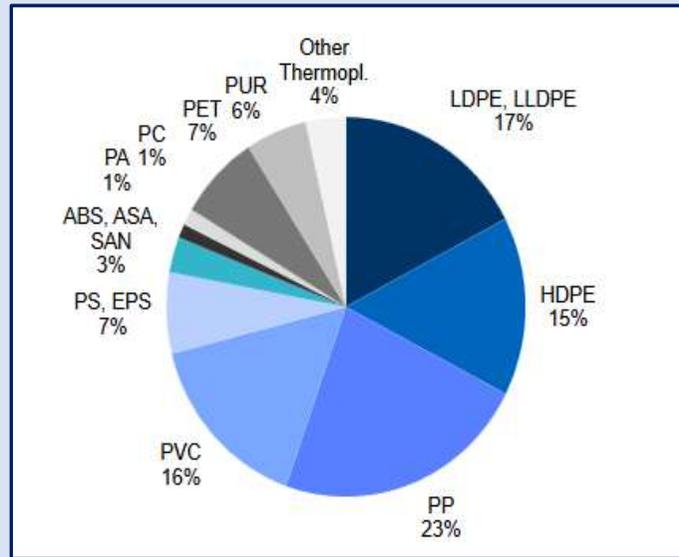
MICROPLASTICHE: UN PROBLEMA “RECENTE”?



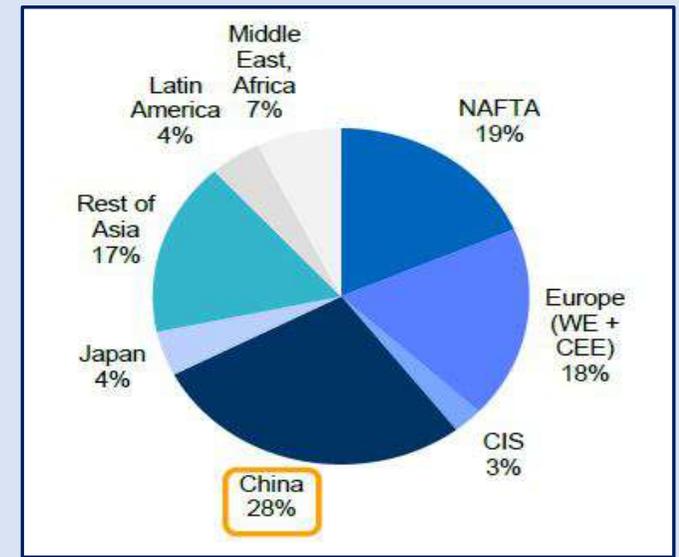
MICROPLASTICHE: UN PROBLEMA “RECENTE”?



**PRODUZIONE MONDIALE DI PLASTICA
1950-2015**



**RICHIESTA MONDIALE DI PLASTICA
PER TIPO - 2015**



**RICHIESTA MONDIALE DI PLASTICA
PER PAESE - 2015**

World Plastics Material demand 2015 by types, PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG) / Consulting Marketing & Industrieberatung GmbH
<https://committee.iso.org/files/live/sites/tc61/files/The%20Plastic%20Industry%20Berlin%20Aug%202016%20-%20Copy.pdf>



www.iss.it/ambiente-e-salute

MICROPLASTICHE: UN PROBLEMA “RECENTE”?

World plastics production* evolution

After a stagnation in 2020 due to the Covid-19 pandemic, the global plastics production increased to 390.7 million tonnes in 2021.

In million tonnes

- Fossil-based plastics¹
- Post-consumer recycled plastics²
- Bio-based plastics (including bio-attributed plastics in 2021 data)³



Sources: Conversio Market & Strategy GmbH and nova-institute

The above data are rounded estimations.

¹Including plastics production from polymerisation and production of mechanically recycled plastics

²Polymers that are not used in the conversion of plastic parts and products (i.e. for textiles, adhesives, sealants, coatings, etc.) are not included

³Includes fossil-based thermoplastics, thermosets and PUH

⁴Data on post-consumer recycled plastics had been developed in 2018, data for other years are estimations

⁵Including bio-attributed plastics in 2021 data. Source: nova-institute 2022; data for bio-based structural polymers, preliminary estimations for 2021

PLASTICS - THE FACTS 2022 | OCTOBER 2022

18

PLASTICS EUROPE



<https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>

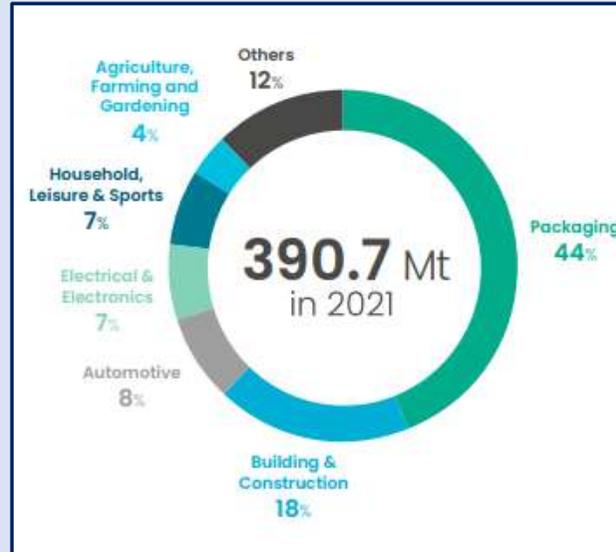


www.iss.it/ambiente-e-salute

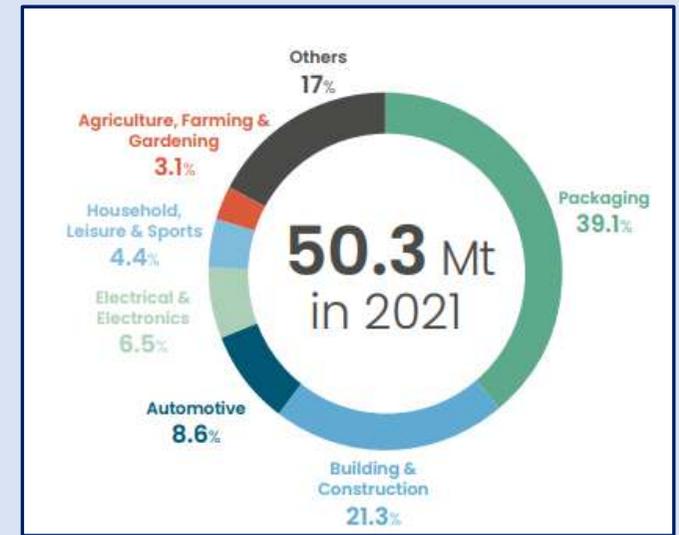
MICROPLASTICHE: UN PROBLEMA “RECENTE”?



PRODUZIONE EUROPEA DI PLASTICA PER TIPO - 2021



DOMANDA EUROPEA DI PLASTICA PER SETTORE PRODUTTIVO - 2021



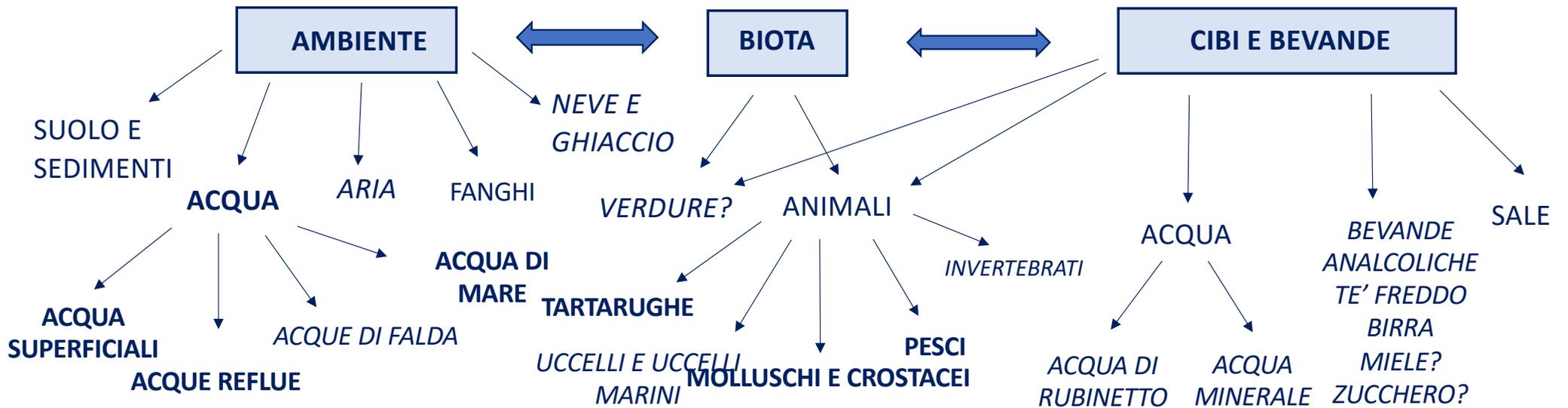
DOMANDA EUROPEA DI PLASTICA PER TIPO - 2021

<https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>



www.iss.it/ambiente-e-salute

MICROPLASTICHE: DIFFUSIONE



MICROPLASTICHE: DIFFUSIONE

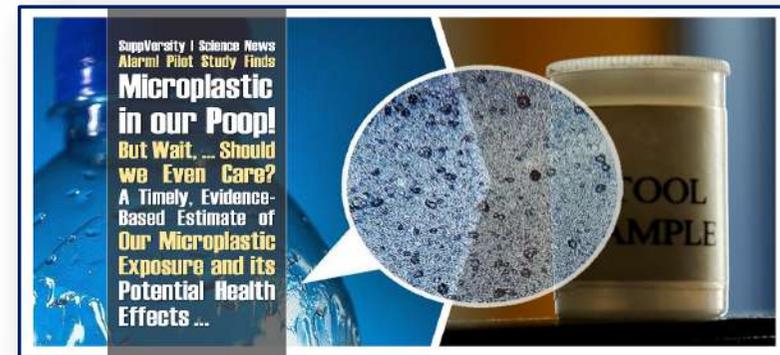
MATRICI NON
«COMUNI»

PLACENTA (UMANA)



4/6 placente contenevano microplastiche
Evidenza di translocazione
Particelle < 10 µm

FECI (UMANE)



Campioni fecali di 23 (95,8%) partecipanti sono risultati positivi alla microplastica. In questi 23 campioni, l'abbondanza di microplastiche variava da 1 particella/g a 36 particelle/g (dim 20 to 800 µm)

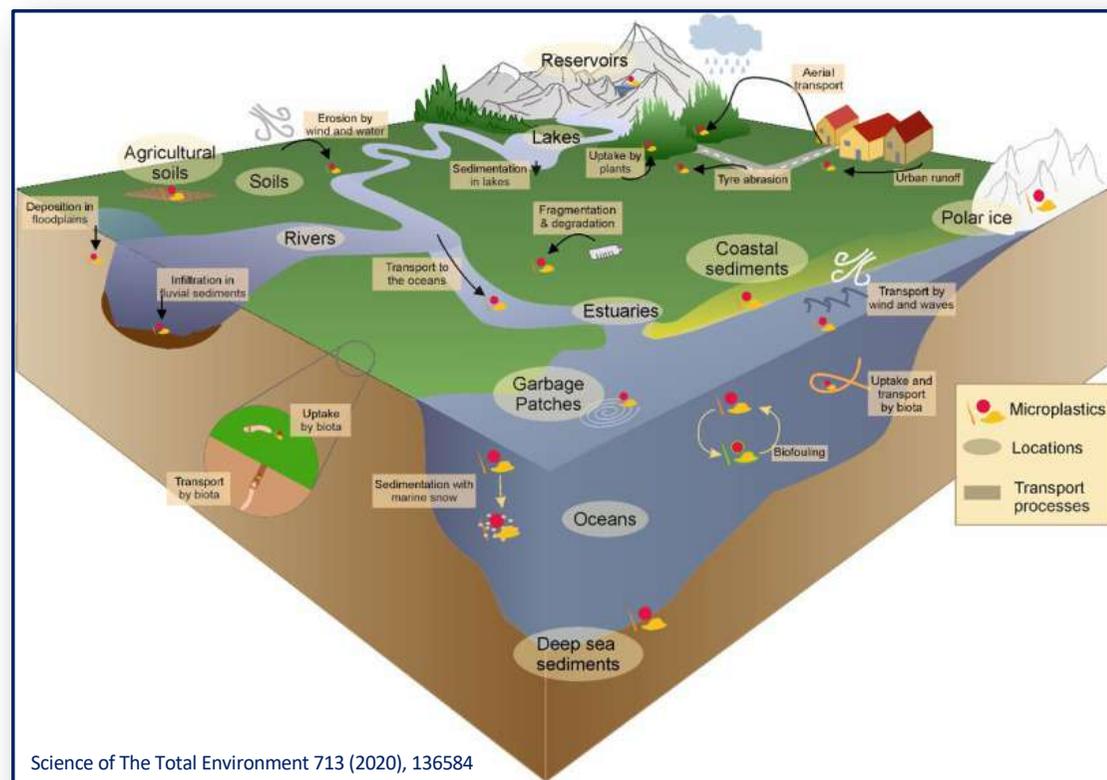
Environmental International 146(1) 2021 106274; Sci Total Environ 767 (2021)



www.iss.it/ambiente-e-salute

L'ACQUA COME "CARRIER" DI MICROPLASTICHE (MPs)

- Ruolo cardine nella distribuzione di materiale plastico sia come via di trasporto che come fonte stessa.
- Ambienti acquatici, in particolare l'ambiente marino, sono i più colpiti dall'inquinamento da plastica: nel 2019 la produzione globale di materie plastiche è stata di circa 370 milioni di tonnellate e si prevede un incremento di oltre 265 milioni di tonnellate/anno entro il 2060 (*)
- Il trasporto di MPs tra l'ambiente acquatico e quello atmosferico contribuisce alla distribuzione della plastica



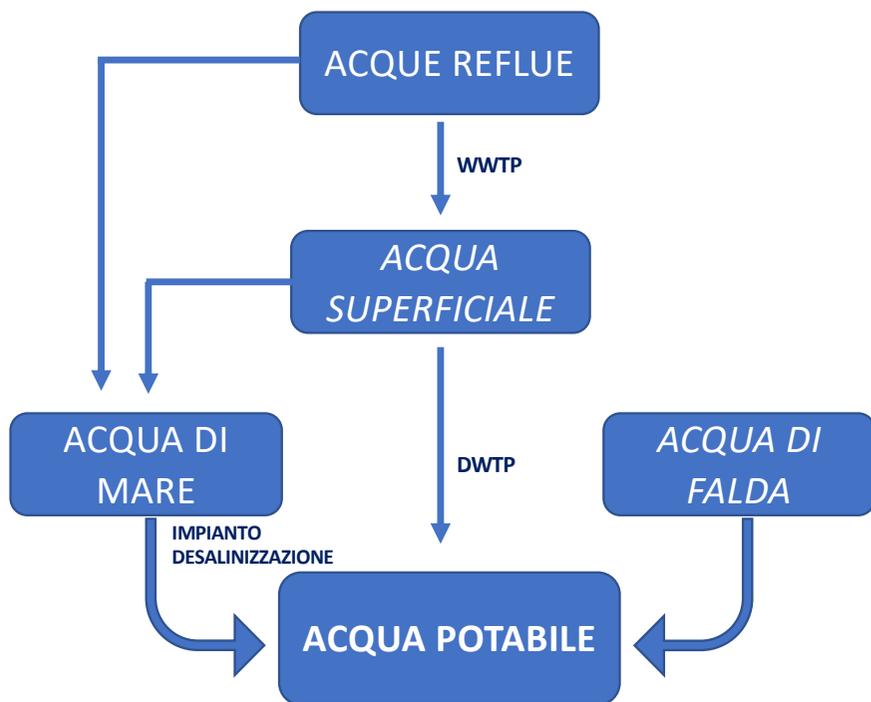
*Plastic Europe 2020. The Facts 2020, An analysis of European plastics production, demand and waste data.



www.iss.it/ambiente-e-salute

L'ACQUA DOLCE COME "SERBATOIO" DI MPs

I sistemi di acqua dolce rappresentano un punto di convergenza per le diverse sorgenti di MPs, da cui possono ulteriormente diffondersi



Microplastic in Drinking Water, World Health Organization, 2019



Obiettivi

Protezione della salute umana dagli effetti negativi derivanti dalla eventuale contaminazione delle acque destinate al consumo umano, garantendo la salubrità e la pulizia delle medesime.

NEWS

Adozione di un nuovo approccio basato sulla valutazione del rischio lungo l'intera filiera di approvvigionamento al fine di garantire la sicurezza dell'acqua, sul modello dei *Water Safety Plans* (WSP), elaborati dal WHO

Elenco dei parametri aggiornato

Introduzione del meccanismo di **WATCH LIST**, ossia un lista di controllo che include sostanze e composti attualmente non regolamentate ma che destano preoccupazione nel pubblico o nella comunità scientifica.



www.iss.it/ambiente-e-salute

Obiettivi



A fine di rispondere alle crescenti preoccupazioni dell'opinione pubblica riguardo gli effetti sulla salute umana dei "COMPOSTI EMERGENTI", tra cui gli interferenti endocrini, i prodotti farmaceutici e le **microplastiche**, la Direttiva si avvale di una **WATCH LIST**, ossia una lista di controllo che viene aggiornata periodicamente dalla Commissione. La Watch List viene aggiornata solo quando è probabile che sostanze e/o composti oggetto di preoccupazione sono presenti nelle acque destinate al consumo umano e potrebbero presentare un potenziale rischio per la salute umana. Nella lista di controllo, inoltre, viene indicato per ogni composto un valore soglia e un possibile metodo di analisi che non comporti costi eccessivi.

**Art. 13,
c.6**

Sviluppo di un Metodo Comune

"Entro il 12 gennaio 2024, la Commissione adotta atti delegati conformemente all'articolo 21 per integrare la presente direttiva adottando una metodologia per misurare le microplastiche al fine di includerle nell'elenco di sorveglianza di cui al **paragrafo 8** del presente articolo una volta che siano soddisfatte le condizioni di cui a tale paragrafo".

**Art. 19,
c. 3**

Analisi del Rischio

"Entro il 12 gennaio 2029 la Commissione presenta al Parlamento europeo e al Consiglio una relazione sui potenziali rischi per le fonti di acqua destinate al consumo umano derivanti da microplastiche, prodotti farmaceutici e, se necessario, altri inquinanti di nuova preoccupazione, nonché sui potenziali rischi per la salute ad essi correlati".





Methodologies for measuring microplastics in drinking water

Fields marked with * are mandatory.

Introduction to the survey

The recently revised Drinking Water Directive [1] (DWD) requests in article 13(6) that by "12 January 2024, the Commission shall adopt [...] a methodology to measure microplastics with a view to including them on the watch list [...]". To support the identification of a suitable methodology for this purpose, the Directorate-General Environment (ENV) and Joint Research Centre (JRC) of the European Commission seek assistance and advice from Member States stakeholders and experts in the field. To this end, as a first step on the way, this survey was designed.

This questionnaire has been created for surveying facilities in the EU Member States that will be responsible to carry out the relevant measurements according to the DWD, such as private and public water suppliers (including their contract laboratories, if any) and competent authorities.



Il Joint Research Centre (JRC) ha avviato un programma di ricerca volto ad armonizzare le conoscenze e le esperienze sull'analisi delle MPs nelle acque per consentirne il monitoraggio e la richiesta di informazioni da parte dei vari Stati membri dell'UE.

L'indagine si è conclusa il 6 marzo 2022 e i dati della Survey sono stati pubblicati a settembre 2022

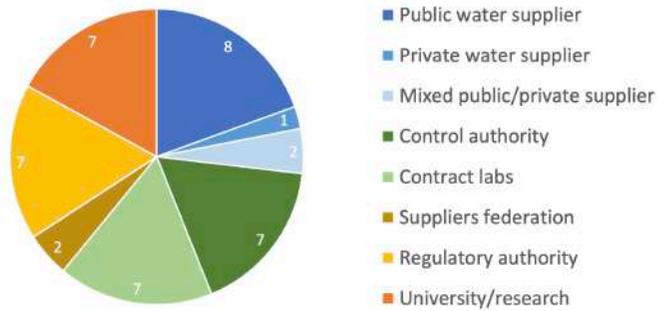


www.iss.it/ambiente-e-salute



RESULTS

Type of entity



Preparedness



JRC- Survey presentata al Workshops on a methodology for the measurement of microplastics in drinking water (6,8 Settembre 2022).

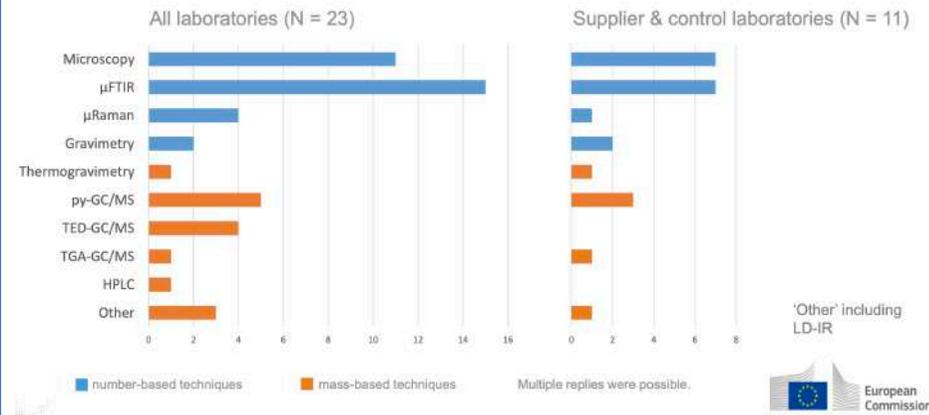
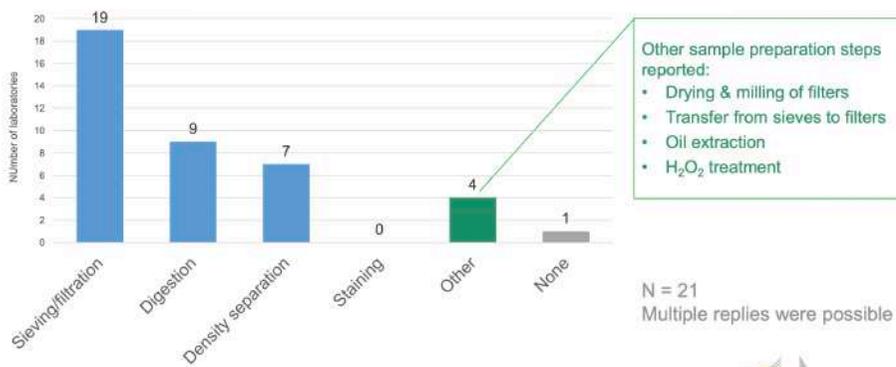
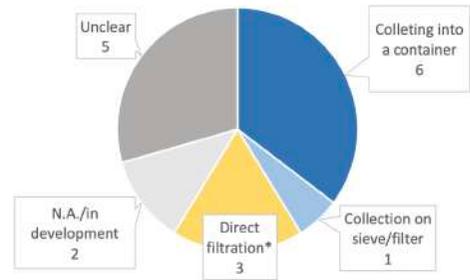


www.iss.it/ambiente-e-salute



RESULTS

Sample collection approach



JRC- Survey presentata al Workshops on a methodology for the measurement of microplastics in drinking water (6-8 Settembre 2022).



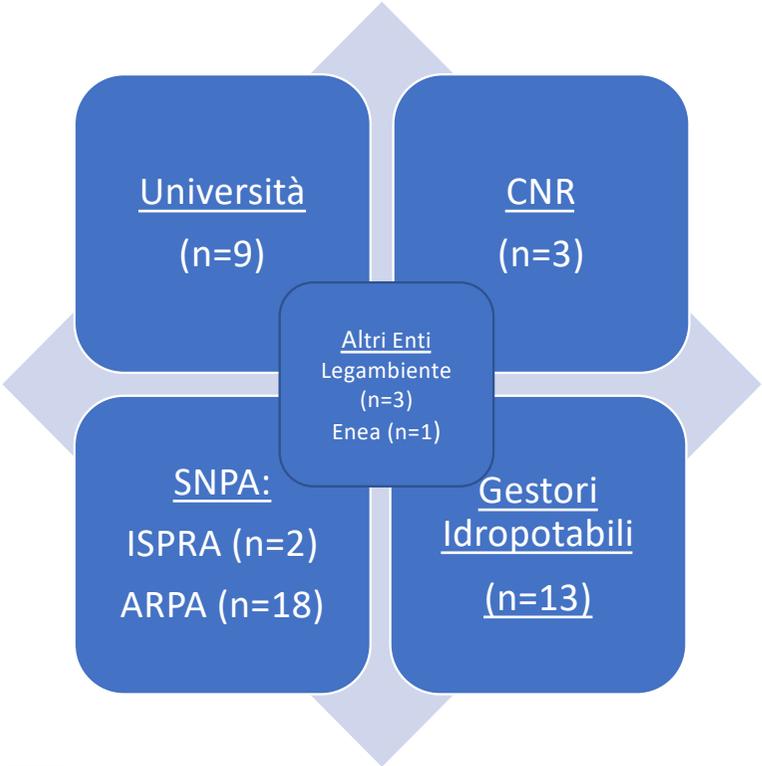
www.iss.it/ambiente-e-salute



Costituzione Gruppo di Lavoro Nazionale

*Coordinamento ISS sotto egida
MINISTERO DELLA SALUTE*

Sviluppo di un metodo analitico nazionale per la determinazione e la caratterizzazione delle MPs nel sistema di approvvigionamento di acqua destinata al consumo umano



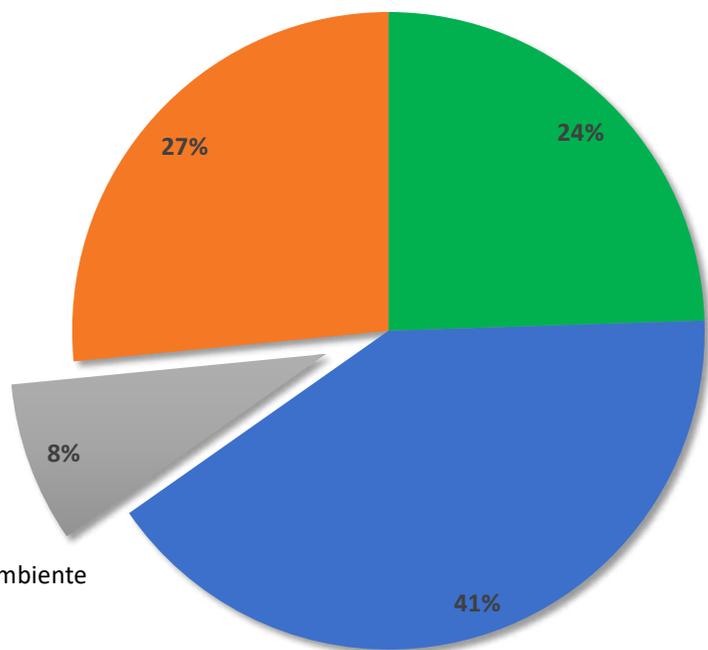
Membri GdL = 49



1° RIUNIONE – 16 Giugno 2022

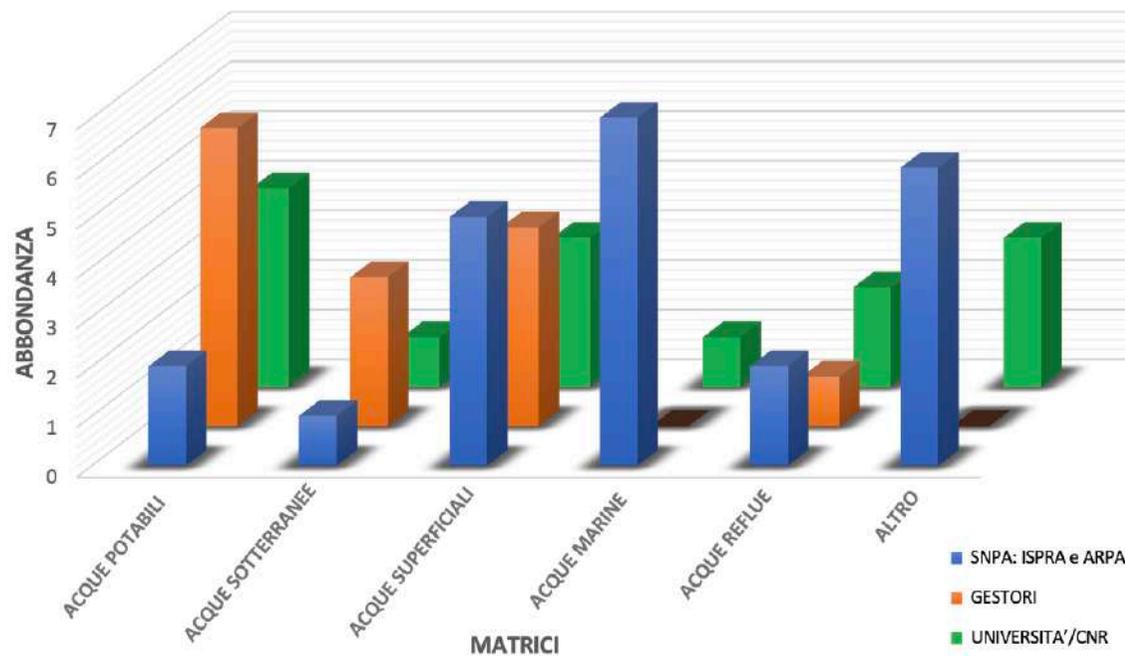
Presentazione membri GdL e Survey su Stato dell'arte italiano

Composizione GdL



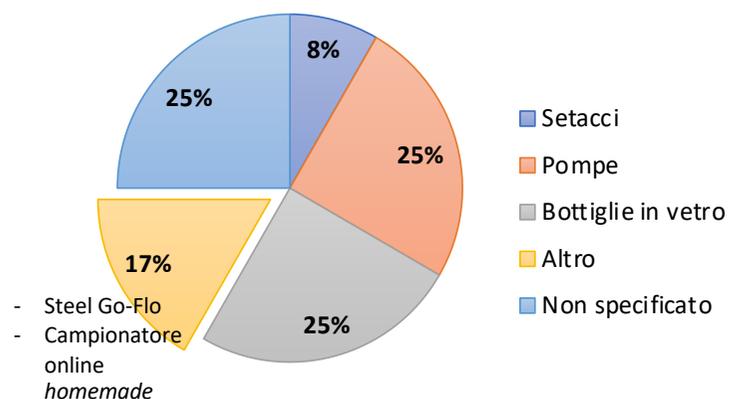
- Enea
- Legambiente

■ Università/ CNR ■ SNPA ■ Altro ■ Gestori Idropotabili



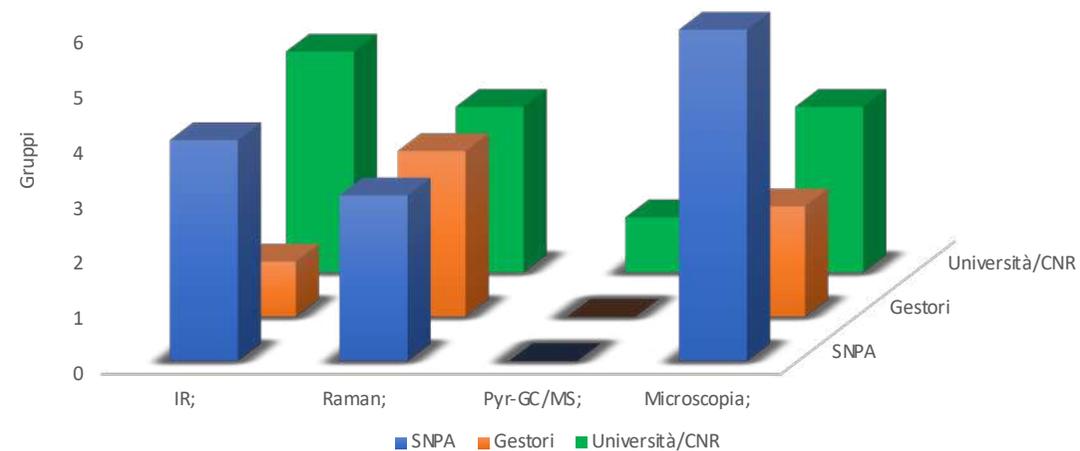
www.iss.it/ambiente-e-salute

Metodo campionamento

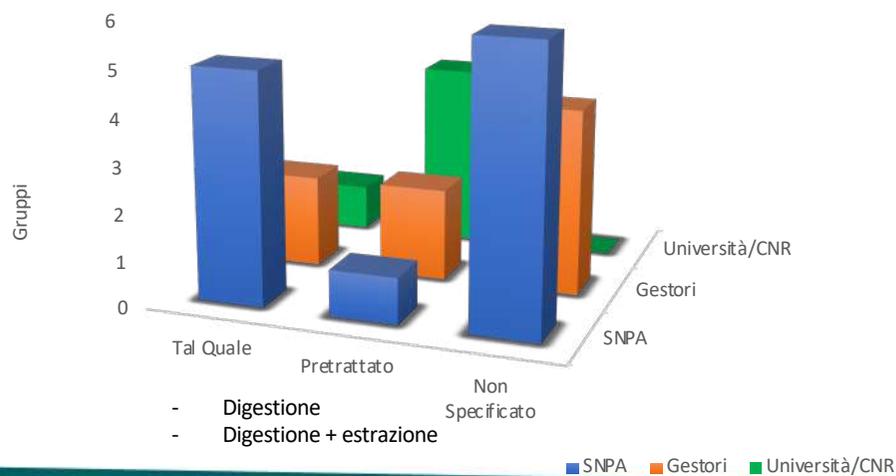


Stato dell'arte italiano - Metodi

Tecniche Analitiche



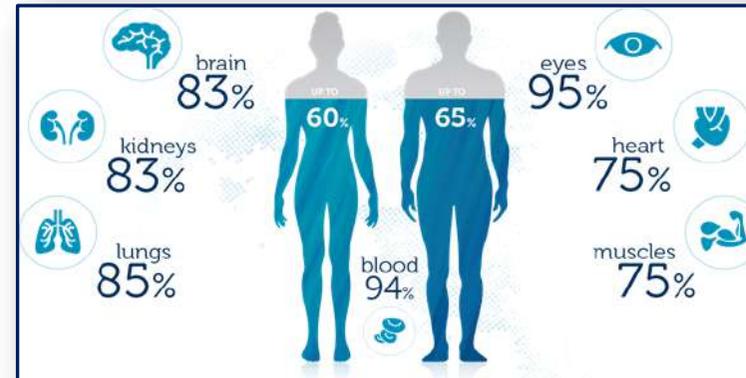
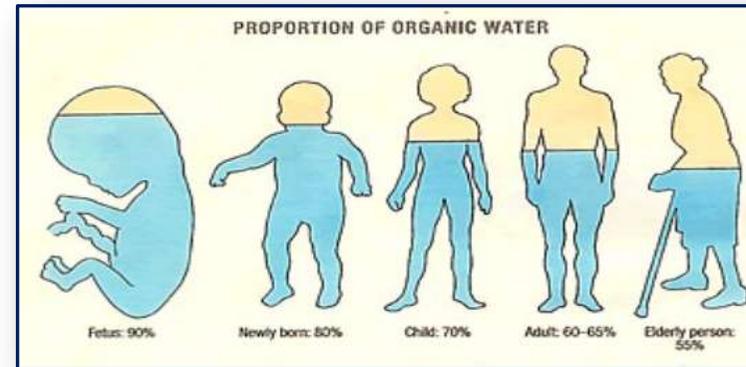
Metodi di Pretrattamento



IL RUOLO DELL'ACQUA POTABILE

What Does Water do for You?

- Forms saliva (digestion)
- Keeps mucosal membranes moist
- Allows body's cells to grow, reproduce, and survive
- Flushes body waste, mainly in urine
- Lubricates joints
- Water is the major component of most body parts
- Needed by the brain to manufacture hormones and neurotransmitters
- Regulates body temperature (sweating and respiration)
- Acts as a shock absorber for brain and spinal cord
- Converts food to components needed for digestion and survival
- Helps deliver oxygen to the entire body

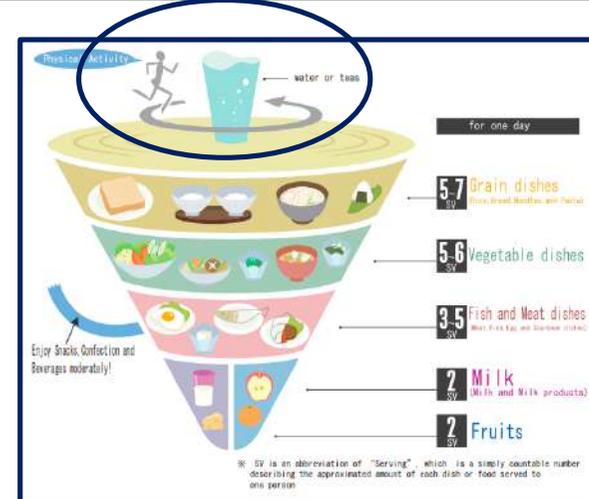
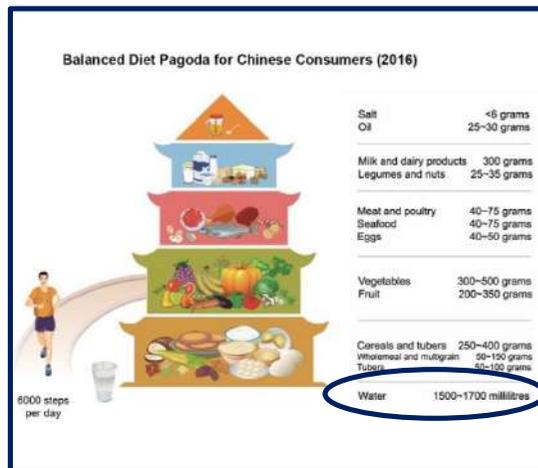


<https://www.earthdate.org/node/89>; <https://www.slideshare.net/rohinisane/metabolism-of-water-and-its-clinical-significance>



www.iss.it/ambiente-e-salute

IL RUOLO DELL'ACQUA POTABILE



<https://www.mdpi.com/2072-6643/11/6/1296/htm>;

<https://www.alimenti-salute.it/notizia/dieta-sostenibilita-sport-convivialita-proposta-nuova-piramide-alimentare>

IL RUOLO DELL'ACQUA POTABILE

L'acqua rappresenta una fonte per *nutrienti* e *minerali* necessari per l'organismo

MICRONUTRIENTI

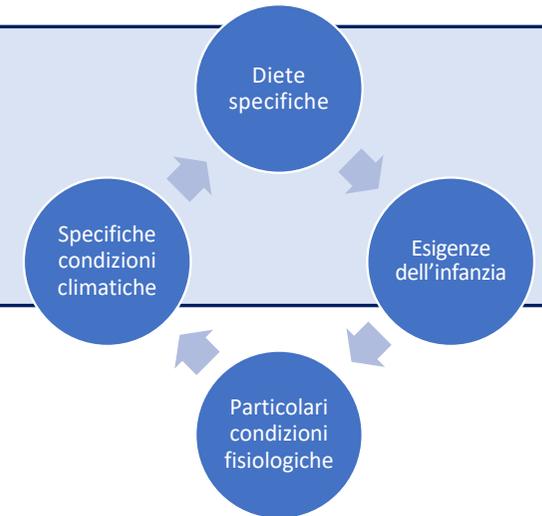
Nutrienti di cui l'organismo necessita in piccole quantità, comunemente chiamati VITAMINE e MINERALI.



**L'ACQUA:
ALIMENTO NON
CALORICO
PIENO DI MINERALI**

MINERALI

Assimilati attraverso gli alimenti (veicolati dall'acqua) e l'acqua potabile. L'acqua potabile non è la principale fonte di minerali per gli esseri umani ma essi si trovano nell'acqua potabile sotto forma di IONI LIBERI, di solito più facilmente assimilabili dall'organismo umano rispetto a quelli legati a molecole complesse come negli alimenti.



6 CLEAN WATER AND SANITATION

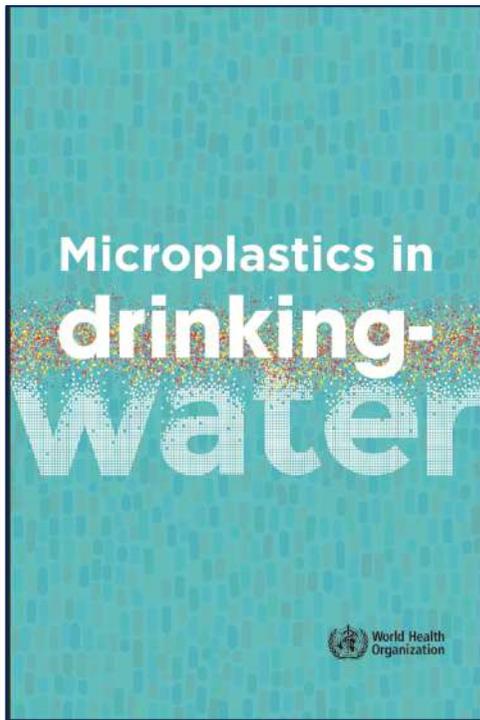


Considerando il ruolo chiave che l'acqua assume è fondamentale garantire l'accesso a acqua pulita e salubre a tutti

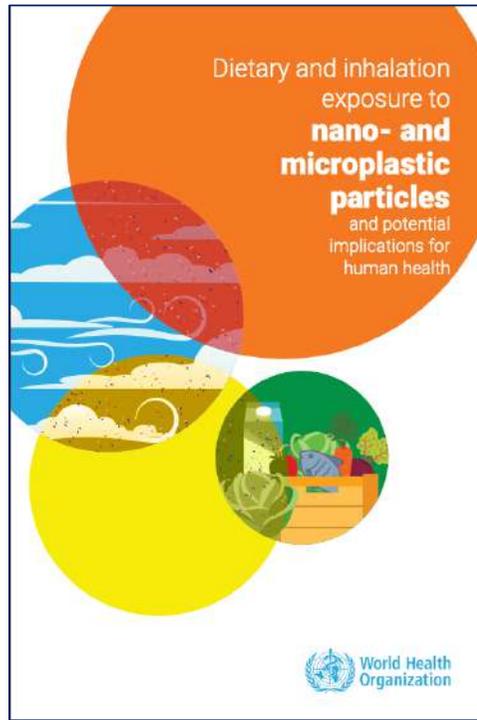


www.iss.it/ambiente-e-salute

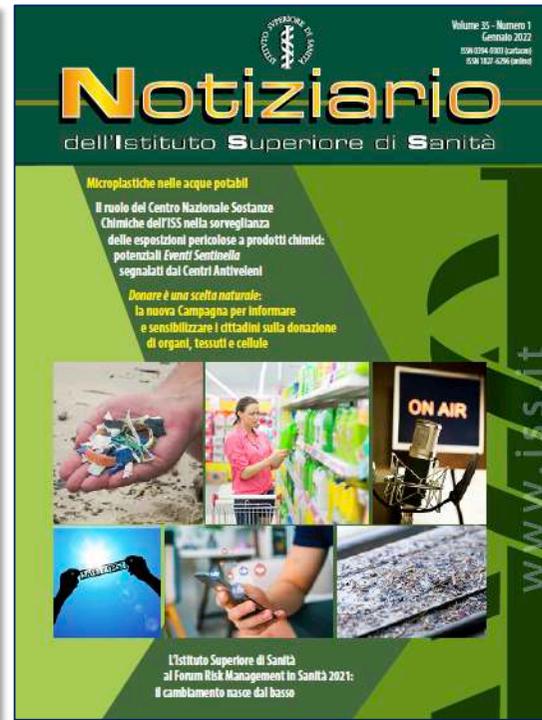
ACQUA POTABILE & MPs



World Health Organization - 2019



World Health Organization - 2022



Istituto Superiore di Sanità - 2022



<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106141>

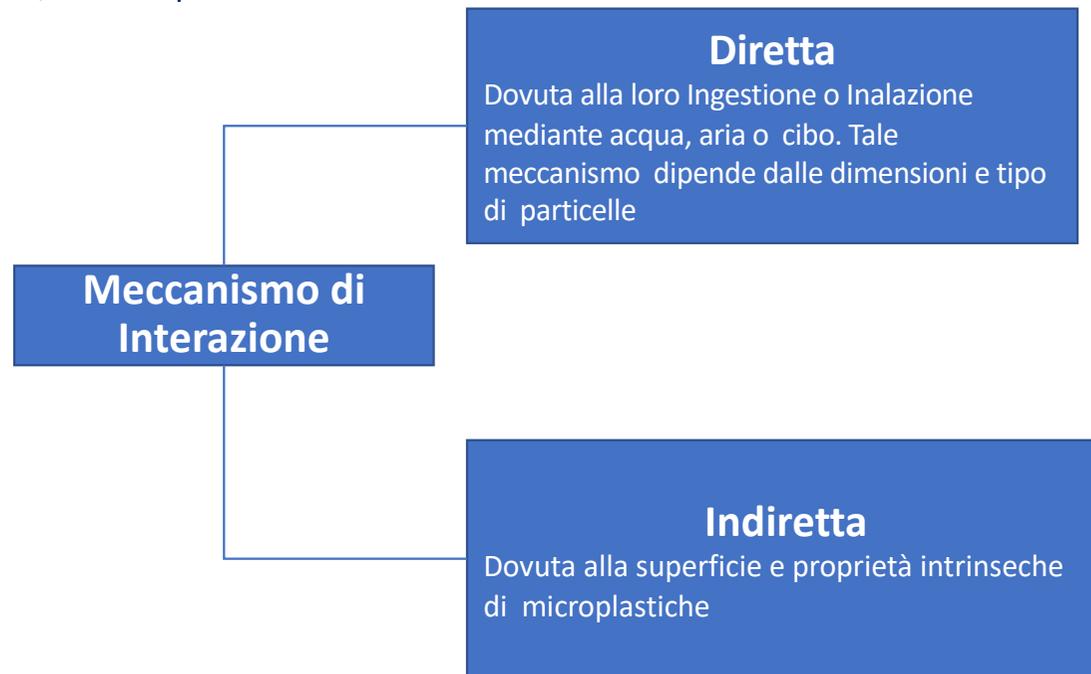


www.iss.it/ambiente-e-salute

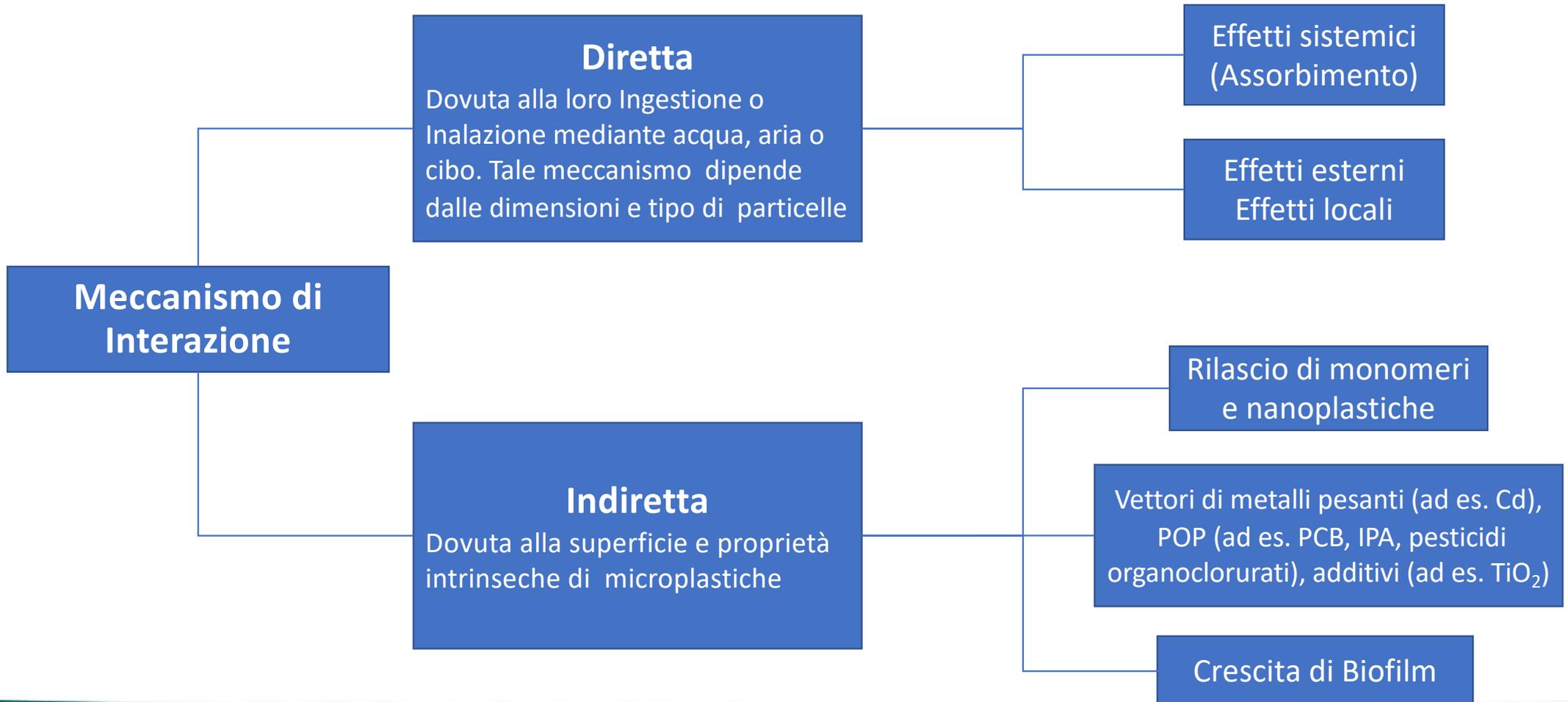


MPs: EFFETTI SULLA SALUTE

L'OMS ha evidenziato che esistono incertezze significative sulla qualità e sull'ampiezza dei dati relativi all'esposizione umana alle microplastiche nell'acqua potabile. Attualmente, è necessaria l'acquisizione di prove scientifiche maggiori e più solide riguardo gli effetti tossicologici che tali contaminanti hanno sulla salute. La difficoltà nello stimare una relazione causa-effetto per le microplastiche è causata dalla loro eterogeneità e dalla esistenza di più vie di trasporto e diffusione con cui potrebbero arrivare all'uomo e risultare dannose. In tale ottica, si sono ipotizzati **due meccanismi di interazione**



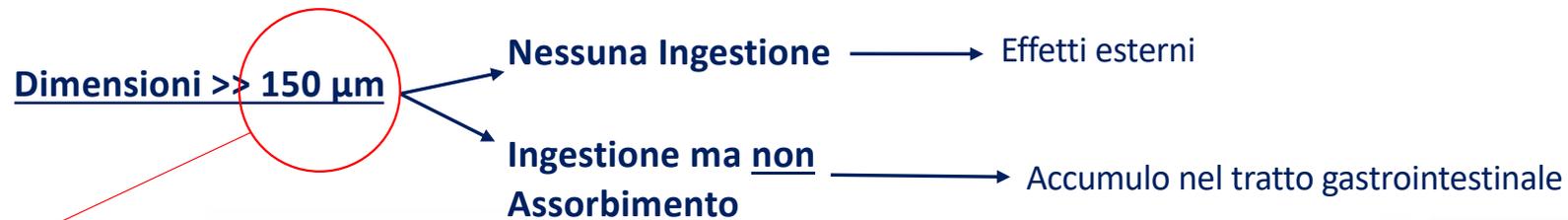
MPs: EFFETTI SULLA SALUTE



MPs: EFFETTI SULLA SALUTE

MECCANISMO DIRETTO

Assorbimento ed ingestione dipendono dalle caratteristiche dell'apparato buccale (piccoli animali)



Nel 2016 EFSA ha assunto che soltanto particelle di dimensioni inferiori a 150 μm possano essere assorbite dall'organismo (EFSA. *Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood*. 2016;14(6): e04501.)



Lesioni interne, blocco intestinale, interferenza con il nuoto e il galleggiamento, riduzione dell'alimentazione e malnutrizione



Lesioni interne, blocco intestinale, riduzione dell'alimentazione e malnutrizione

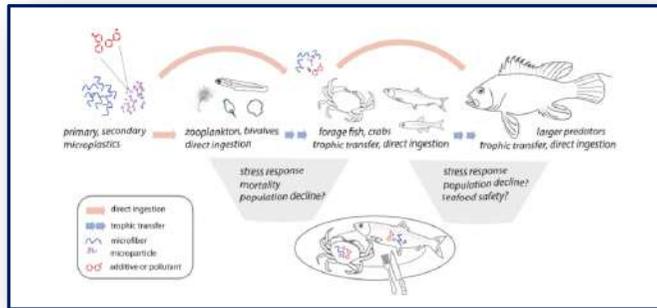


www.iss.it/ambiente-e-salute

MPs: EFFETTI SULLA SALUTE

MECCANISMO DIRETTO

Assorbimento ed ingestione dipendono dalle caratteristiche dell'apparato buccale (piccoli animali)



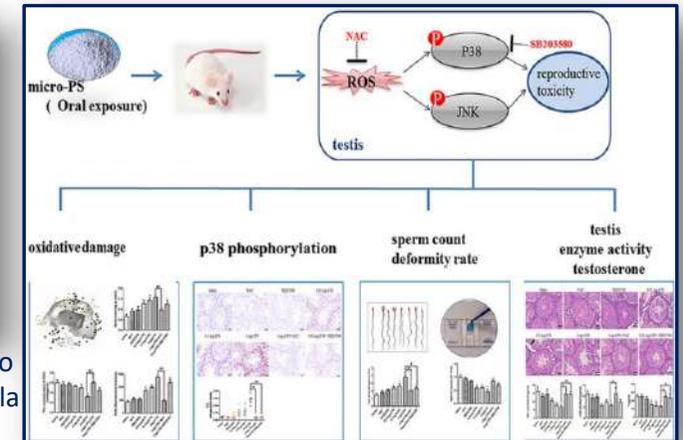
Animali Marini di Piccole Dimensioni

Risposte comportamentali, riduzione dell'alimentazione, variazione della velocità di nuoto e della selettività delle prede, bioaccumulo

Limnology and Ocean Letters 5(1) (2020) 113-136

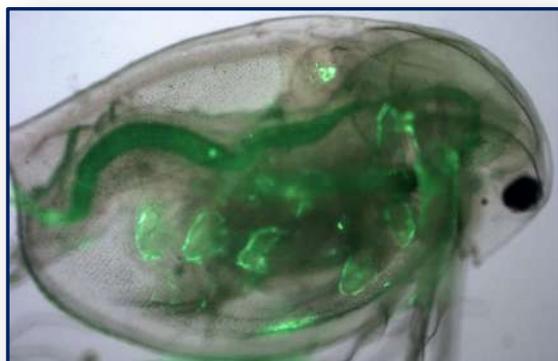


Tossicità riproduttiva, impatto sul sistema immunitario e sulla salute delle cellule, risposta infiammatoria nei polmoni? (fibre di nylon)



MPs: EFFETTI SULLA SALUTE

MECCANISMO DIRETTO



Crostaceo acqua dolce - *Daphnia magna*



Verme planctonico - *Sagitta setosa*



Granchio - *Eriocheir sinensis*



Pesci - *Scomber colias*

Risposte comportamentali, riduzione dell'alimentazione, variazione della velocità di nuoto e della selettività delle prede, bioaccumulo. Poiché tali contaminanti vengono assunti da diverse specie causandone oltre complicazioni a livello fisiologico, con possibilità di trasporto in diversi distretti dell'organismo e, contemporaneamente, lungo la rete trofica, dando origine così al loro *bioaccumulo* fino a raggiungere organismi complessi come l'uomo.

https://orbmedia.org/stories/Invisibles_plastics/



www.iss.it/ambiente-e-salute

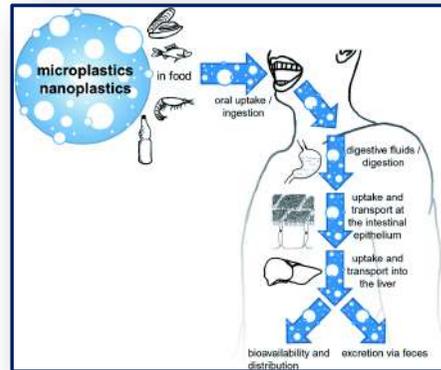
MPs: EFFETTI SULLA SALUTE

MECCANISMO DIRETTO

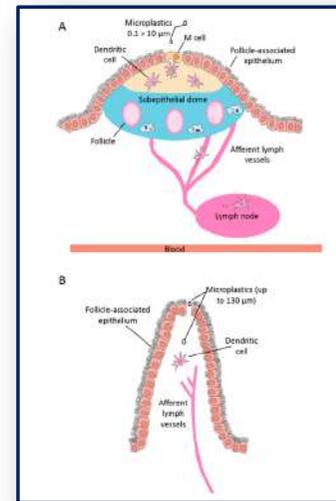
Assorbimento ed ingestione dipendono dalle caratteristiche del sistema respiratorio/digestivo (uomo e animali superiori)



Impatto sul sistema immunitario e sugli organi secondari con traslocazione linfatica e/o circolatoria?
Irritazione locale



Via di ingestione

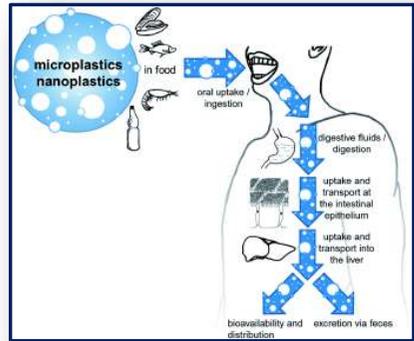


Modelli del percorso di assorbimento

Nanoscale Advances 10 (2020)
Environmental Science and Technology (2017) 51, 12, 6634–6647

MPs: EFFETTI SULLA SALUTE

MECCANISMO DIRETTO



Ingestione

MPs non vengono assorbite e rimangono nel lume fino all'escrezione. Conferma di ciò è il ritrovamento di plastiche nelle feci umane

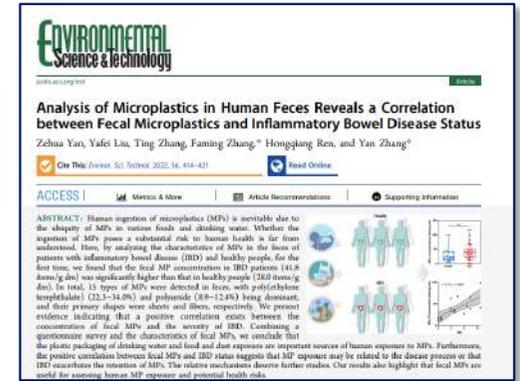
Assorbimento

MPs assorbite da enterociti dell'epitelio intestinale o altre cellule specializzate (e.g. cellule M) raggiungendo il lato basolaterale (sistema circolatorio) e/o i tessuti linfoidi della mucosa.

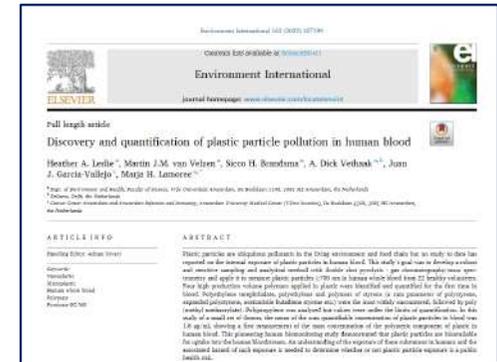
o'

Persorbimento

Passaggio di MPs nel sangue portale a causa di difetti nell'epitelio monostrato (in corrispondenza delle punte dei villi) consentendo il passaggio di particelle molto più grandi dei limiti di assorbimento delle cellule (150 µm). Questo potrebbe spiegare la loro presenza nel fegato e in altri organi remoti come linfonodi e milza e/o i tessuti linfoidi della mucosa.



[doi:10.1021/acs.est.1c03924](https://doi.org/10.1021/acs.est.1c03924)



<https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>



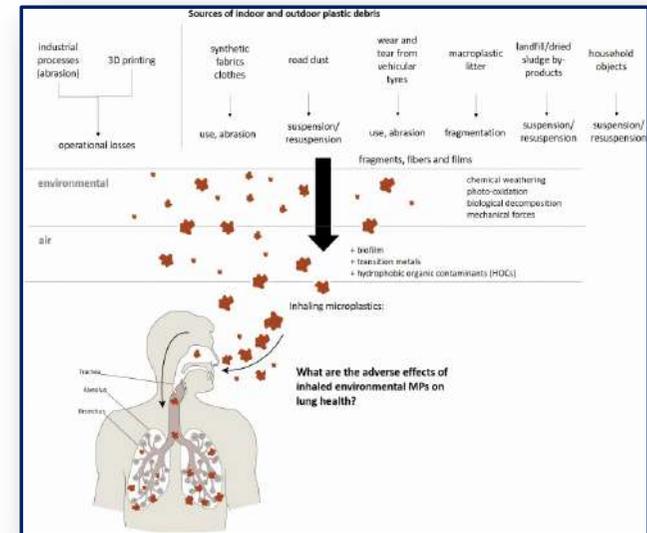
MPs: EFFETTI SULLA SALUTE

MECCANISMO DIRETTO

Assorbimento ed ingestione dipendono dalle caratteristiche del sistema respiratorio/digestivo (uomo e animali superiori)



Irritazione respiratoria (Fibre),
Fibrosi interstiziale (Fibre)

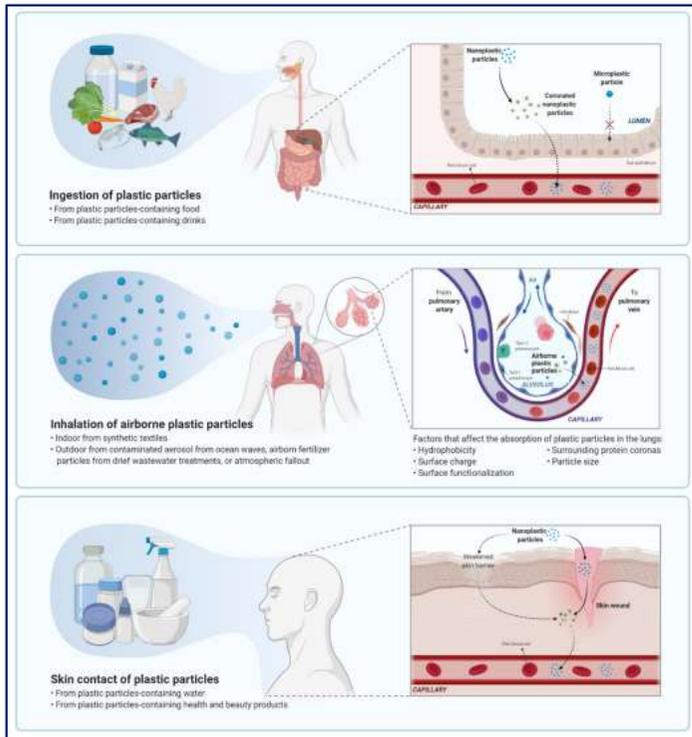


Via di Inalazione

Nanoscale Advances 10 (2020)
Environmental Science and Technology (2017) 51, 12, 6634–6647

MPs: EFFETTI SULLA SALUTE

MECCANISMO DIRETTO



Si ipotizza che tali particelle possano penetrare nell'epidermide a causa di lesioni cutanee o mediante ghiandole sudoripare e/o follicoli piliferi. Grazie a studi *in vitro* e *in vivo* è stato possibile osservare che le micro- e le nanoplastiche possono essere assorbite dal corpo umano attraverso la barriera cutanea. Lo studio di Campbell et al. (2012), ad esempio, ha confermato questi risultati stabilendo che le particelle di polistirene con diametro di 20-200 nm possono infiltrarsi solo negli strati superiori della pelle a una profondità di 2-3 μm .



Nanomaterials 2021, 11, 496
<https://doi.org/10.3390/nano11020496>

<https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2012.06.024>



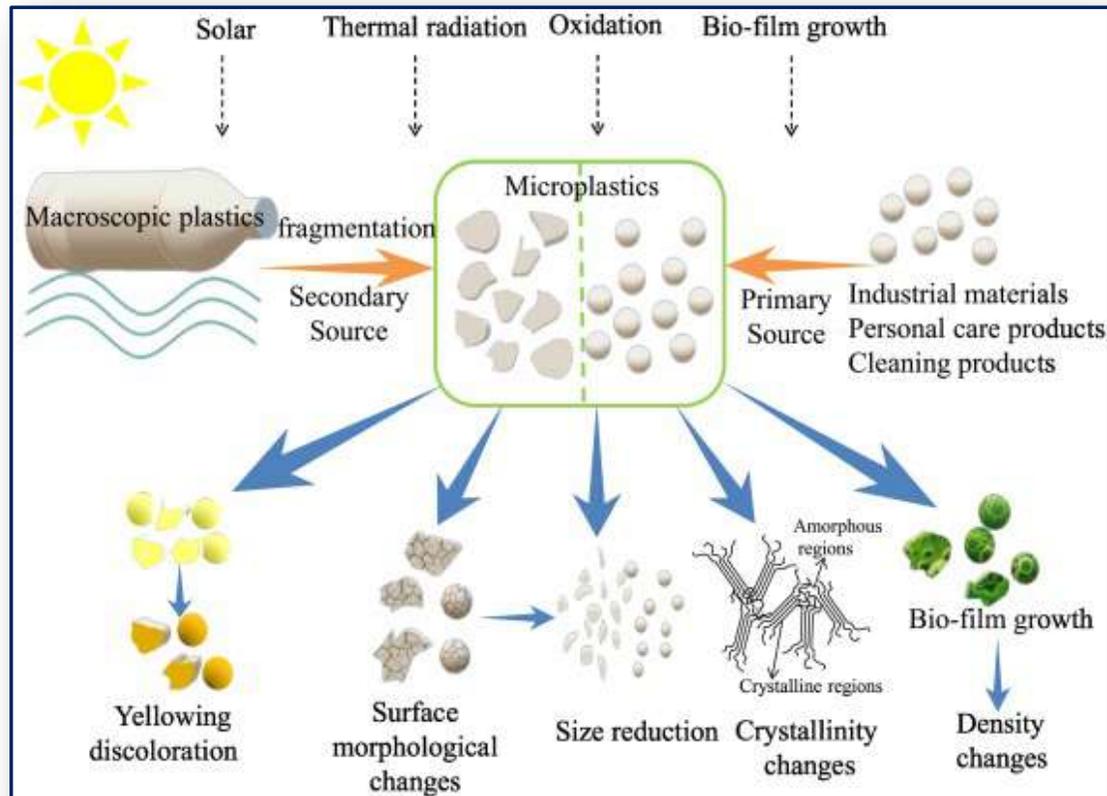
www.iss.it/ambiente-e-salute



MPs: EFFETTI SULLA SALUTE

MECCANISMO INDIRECTO

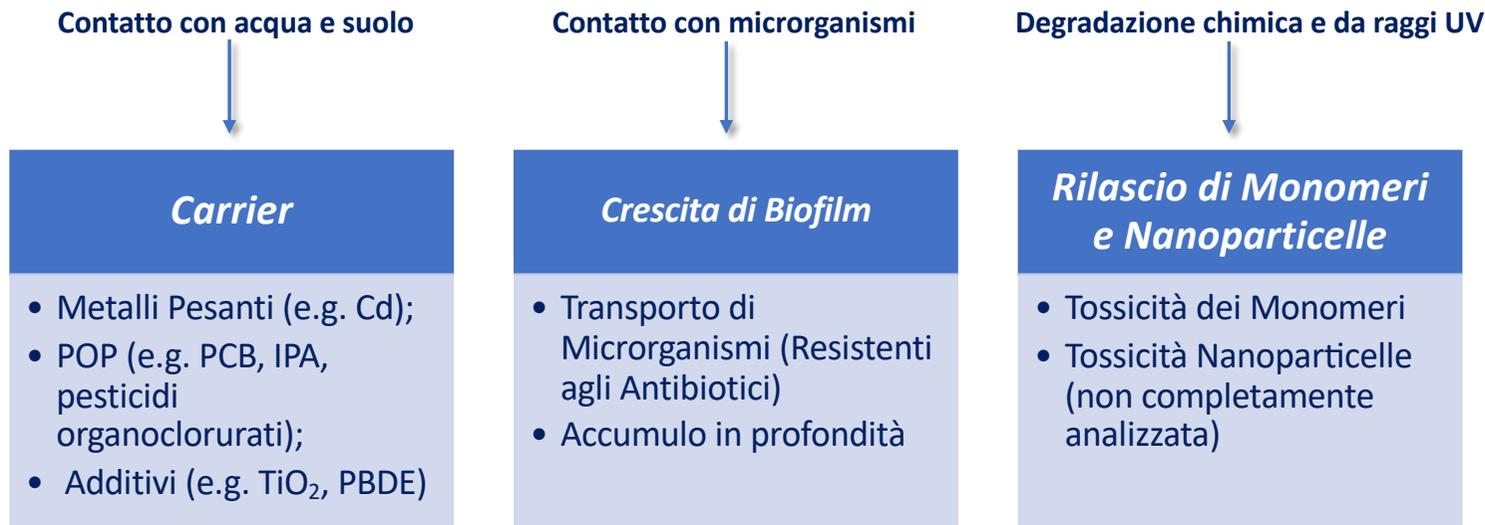
Tale tipo di effetto è dovuto alla superficie e caratteristiche intrinseche di MPs. Tale aspetto non è connesso solo al tipo e dimensione delle particelle di plastica ma anche dovuta alla presenza di altri contaminanti chimici e biologici.



MPs: EFFETTI SULLA SALUTE

MECCANISMO INDIRETTO

Tale tipo di effetto è dovuto alla superficie e caratteristiche intrinseche di MPs. Tale aspetto non è connesso solo al tipo e dimensione delle particelle di plastica ma anche dovuta alla possibile presenza di altri contaminanti chimici e biologici.



MPs: OVERVIEW

Water Research
Volume 165, 15 November 2019, 114979

Selective enrichment of bacterial pathogens by microplastic biofilm

Xiaojian Wu^a, Jie Pan^b, Meng Li^b, Yao Li^a, Mark Bartlam^c, Yingying Wang^a

Microplastic
Leaf
Rock
Biofilm
Antibiotic resistant genes
Pathogen

Environmental Research
Volume 214, Part 1, November 2022, 113777

Adsorption mechanism of trace heavy metals on microplastics and simulating their effect on microalgae in river

Qian Liu^{a,1}, Haowen Wu^{a,1}, Jijiao Chen^a, Biaohu Guo^a, Xiufang Zhao^b, Hui Lin^a, Wei Li^a, Xin Zhao^c, Sihao Lv^a, Cong Huang^d

Salinity
Temperature

Oxygen-containing functional groups
Electrostatic force interaction
 π - π interaction
MPs
Halogen bonds

SEM
Toxicity
Chlorella vulgaris
SOD
CAT

● Cd ● Cr ● Cu ● Pb
● Cl ● C ● O ● H

A systematic approach to investigate microplastics hazards with specific consideration of the carrier hypothesis for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)

Emecheta et al. Poster 25th Scientific Colloquium EFSA 6-7 may 2021

Adsorption
Desorption
PAH-loaded polymer particles
Digestion in Mouth
Stomach
Small intestine
Large intestine
Toxicity and (GABA) (in vitro)
CaCo-2 cells

>20 polymer particles + 3 PAHs

A grouping criterion?
A grouping criterion?

Schematic study design for investigation of the "carrier hypothesis"



Grazie per l'attenzione



www.iss.it/ambiente-e-salute